

مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش

سال پنجم، شماره اول؛

بهار و تابستان ۱۳۹۷

صفحات ۲۷-۱۸

Original Article

Open Access

تاثیر هشت هفته تمرین تناوبی شدید همراه با مکمل یاری آلزینات سدیم بر سطح سرمی پپتید YY و نیمرخ لیپیدی در مردان مبتلا به سندرم متابولیک

علیرضا ابراهیمی^۱، محمد عزیزی^۲، وریا طهماسبی^۲، رستگار حسینی^۲

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۲/۱۲

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۰۷



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

چکیده

نتایج مطالعات بیانگر تاثیر مثبت تمرینات تناوبی شدید بر افزایش هورمون‌های اشتها، سرکوب اشتها و کاهش عوامل خطر ساز سندرم متابولیک است. لذا هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر هشت هفته تمرین تناوبی شدید همراه با مکمل یاری آلزینات سدیم بر سطح سرمی پپتید YY و نیمرخ لیپیدی در مردان مبتلا به سندرم متابولیک بود. در پژوهش نیمه تجربی حاضر ۲۴ مرد جوان (۲۴-۱۸ سال) از بین دانشجویان دانشگاه رازی که مبتلا به سندرم متابولیک بودند به روش نمونه‌گیری در دسترس، به صورت تصادفی در ۳ گروه، تمرین تناوبی شدید همراه با مکمل (n=۸)، تمرین تناوبی شدید با دارونما (n=۸) و کنترل (n=۸) قرار گرفتند. برنامه تمرینی، با شدت ۸۵ تا ۹۵ درصد ضربان قلب ذخیره، در هر هفته سه جلسه و به مدت ۸ هفته بود. وضعیت اشتها و نمونه‌های خونی در دو مرحله (۴۸ ساعت قبل از شروع اولین جلسه تمرین و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین) جمع‌آوری شد. یافته‌ها نشان داده که تمرین تناوبی شدید با مکمل یاری آلزینات سدیم و یا دارونما باعث افزایش هورمون PYY و کاهش کل نمره Z سندرم متابولیک در مردان جوان می‌شود. در حالی که PYY در گروه کنترل تغییر معناداری نداشت. نتیجه‌گیری: هشت هفته تمرین تناوبی شدید همراه با مکمل یاری آلزینات سدیم باعث افزایش سطح سرمی PYY و احساس سیری و کاهش عوامل خطر ساز سندرم متابولیک در مردان جوان مبتلا به سندرم متابولیک می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تمرین تناوبی شدید، آلزینات سدیم، سندرم متابولیک، پپتید YY، نیمرخ لیپیدی

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی و تغذیه ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه

۲- استادیار فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه
 نویسنده مسئول: Azizimohammad@gmail.com

نحوه ارجاع: ابراهیمی علیرضا، عزیزی محمد، طهماسبی وریا، حسینی رستگار. تاثیر هشت هفته تمرین تناوبی شدید همراه با مکمل یاری آلزینات سدیم بر سطح سرمی پپتید YY و نیمرخ لیپیدی در مردان مبتلا به سندرم متابولیک. مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش ۱۳۹۷؛ ۵(۱): ۲۷-۱۸.

Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology

Volume 5, Number 1
Spring /Summer 2018
18-27

Original Article

 Open Access

The Effect of Eight Weeks High Intensity Interval Training with Alginate Sodium Supplementation on PYY Levels and Lipid Profiles in Metabolic Syndrome Men

Alireza Ebrahimi¹, Mohamad Azizi^{*2}, Voria Tahmasebi², Rastegar Hoseini²

Received 27 January 2019; accepted 2 May 2019

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of eight weeks HIIT with alginate sodium supplementation on PYY levels and lipid profiles in men with metabolic syndrome. In the semi-experimental study, 24 young men with metabolic syndrome participated voluntarily. They were randomly assigned into 3 groups, HIIT with supplementation (n=8), HIIT with placebo (n = 8), control (n = 8). The exercise program was 8 weeks HIIT Training with intensity of 85 to 95 heart rate and three sessions per week. Appetite rates and blood samples were collected 48-h before and after training protocols. The findings indicate that HIIT with supplementation with sodium alginate or placebo increases PYY and decreases the metabolic syndrome z score in young men. Conclusion: Eight weeks High intensity training with sodium alginate supplementation, increase serum levels of PYY and satiety and reduce the risk factors of the metabolic syndrome in young men with metabolic syndrome.

Keywords: high intensity interval training, sodium alginate, metabolic syndrome, PYY, Lipid profile



Scan this QR code to see the accompanying video, or visit

jahssp.azaruniv.ac.ir

1. MSc in Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Science, Razi University, Iran.

2. Assistant Professor in Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Science, Razi University, Iran.

Coressponding Author:
Azizimohammad@gmail.com

Cite as: Ebrahimi Alireza, Azizi Mohamad, Tahmasebi Voria, Hoseini Rastegar. Comparing the Effect of one-week supplementation of Citrulline-malate, L-arginine and their combination on growth hormone concentration and metabolic responses in male wrestlers. Biannual Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology. 2018; 5(1): 18-27.

مقدمه

تمرین تناوبی شدید به عنوان یک روش موثر تمرین در طول دهه گذشته، به رسمیت شناخته شده سه عامل اصلی که معمولاً به عنوان محدودیت فعالیت بدنی منظم ذکر شده‌اند، عبارتند از: کمبود زمان، عدم انگیزه و بیماری‌های مزمن که ظرفیت کار را در طول تمرین محدود می‌کند (پیک و همکاران ۲۰۱۴). تمرینات تناوبی شدید (HIIT) که به رساندن حداکثر ضربان قلب به بیش از ۸۰ درصد ضربان قلب شناخته شده‌اند، نشان داده است که یک الگوی کارآمد برای ایجاد حداقل سازگاری فیزیولوژیکی مشابه با تمرینات مداوم متوسط است. تمرینات تناوبی شدید یک روش خوب برای از دست دادن چربی بیشتر در مدت زمان کوتاه است (کاماکو و همکاران ۲۰۱۸). در پژوهشی گزارش کرده‌اند که تفاوتی در درک اشتها و سطوح پلاسمایی هورمون‌های اشتها پس از تمرینات HIIT در افراد چاق مشاهده نشده است (مارتینس و همکاران ۲۰۱۷). در پژوهش دیگری گزارش کردند که هر دوی تمرینات HIIT و MICT بر روی اشتها، گرسنگی و سیری و درک اشتها تأثیری ندارد (ماتوس و همکاران). پژوهش‌های ذکر شده تأثیر حاد تمرین را بر روی اشتها را در افراد چاق بررسی کرده‌اند و اینکه از هیچ نوع کمکی استفاده نکرده‌اند. اما پژوهش ما اثر مزمن تمرین را همراه با مکمل و در افراد مبتلا به سندرم متابولیک بررسی کرد. اما یکی از راه‌های مقابله با مشکلات سلامتی افزایش مصرف فیبرهای غذایی است که مزایای مثبت آنها بر روی سلامت مشخص شده است و شامل کاهش وزن بیشتر و کاهش ابتلا به چاقی و بهبود پارامترهای متابولیک مرتبط با دیابت نوع ۲ و بیماری قلبی-عروقی می‌باشد (جورج و همکاران). آلزینات یک پلی‌ساکارید ژله‌ای و یک جز ساختاری از جلبک قهوه‌ای دریایی استخراج شده است. آلزینات‌ها به عنوان یک فیبر غذایی شناخته می‌شوند و نشان داده است که آنزیم‌های گوارشی را در شرایط آزمایشگاهی مهار می‌کند و بنابراین می‌توانند به عنوان درمان چاقی و سندرم متابولیک استفاده شوند (هاقتون و همکاران ۲۰۱۵). بر خلاف فواید گفته شده در مطالعه‌ای گزارش کردند که مصرف آلزینات تأثیر قابل توجهی بر معده، سیری و اشتها و میزان گردش پپتیدهای روده‌ای مرتبط با سیری ندارد (اودانسی و همکاران ۲۰۱۷). با توجه به این که افزایش هضم ویسکوزیته موجود در فیبرها می‌تواند منجر به حضور طولانی مدت مواد غذایی در روده کوچک شود که به نوبه خود باعث تحریک و آزاد شدن هورمون‌های اشتها (مانند CCK و GLP-1 و PYY) می‌شود (۲۲). و علی‌رغم شواهد روشن در مورد سازگاری مثبت HIIT در مقایسه با MICT در خصوص افزایش آمادگی هوازی و عملکرد عروقی، هنوز مشخص نیست که کدام یک از روش‌های تمرین برای کنترل وزن، کاهش چربی یا چاقی مرکزی موثرتر است (وورگ و همکاران ۲۰۱۷). از آنجایی که مطالعاتی که در مورد اثر مکمل آلزینات سدیم صورت گرفته به تنهایی و بدون انجام تمرینات ورزشی بوده (کمار و همکاران ۲۰۱۳)، و با توجه به تعداد کم مطالعات انجام شده تا هنگام پژوهش حاضر، و اینکه هنوز مشخص نیست که آیا تمرینات HIIT در کاهش وزن و کاهش چربی بدن موثر است. لذا هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی تأثیر هشت هفته تمرین تناوبی شدید همراه با مکمل یاری آلزینات سدیم بر سطح سرمی پپتید YY و نیمرخ لیپیدی در مردان مبتلا به سندرم متابولیک است.

روش بررسی

آزمودنی‌های مطالعه حاضر ۲۴ مرد جوان (۱۸-۲۴ سال) از بین دانشجویان دانشگاه رازی که از طریق اطلاعیه‌ای که در دانشگاه رازی نصب شده در مطالعه حاضر شرکت کردند.

اضافه وزن و چاقی یکی از مهم‌ترین مشکلات سلامت در قرن اخیر است و به تدریج در حال افزایش است (فلاح‌زاده و همکاران ۱۳۹۶). اضافه وزن و چاقی یک عامل مستقل در بروز دیابت، بیماری‌های قلبی-عروقی و سندرم متابولیک می‌باشد که باعث کاهش امید به زندگی می‌گردد و سالانه میلیون‌ها انسان را به دام مرگ می‌کشد (کارخانه‌وهمکاران ۱۳۹۴). سندرم متابولیک یک اختلال متابولیکی چند علتی است و به صورت وجود ۳ عامل از مجموع ۵ عامل؛ خطر چاقی شکمی، افزایش سطح سرمی تری‌گلیسیرید ناشناخته، کاهش کلسترول HDL ناشناخته، اختلال گلوکز ناشناخته و فشار خون بالا تعریف می‌شود (یاری و همکاران ۱۳۹۳). سندرم متابولیک یک بیماری مزمن، مربوط به عدم فعالیت بدنی، تغذیه نامناسب و چاقی است (راموس و همکاران ۲۰۱۶). افراد مبتلا به سندرم متابولیک ۳ برابر بیشتر از افرادی که سندرم متابولیکی نیستند به بیماری‌های مزمن مبتلا می‌شوند (گیرلی و همکاران ۲۰۱۳). تعداد زیادی عامل خطر ساز برای سندرم متابولیک شناخته شده است مثل سن، ژنتیک و جنس که غیر قابل تغییرند. اما تعدادی مثل دیابت، فشارخون بالا و اضافه وزن از طریق تغییر سبک زندگی قابل تغییرند (تیرک و همکاران ۲۰۱۷). فعالیت ورزشی در برنامه‌های بهبود شیوه زندگی برای جلوگیری و درمان سندرم متابولیک پیشنهاد شده است (تجونا و همکاران ۲۰۱۸). اشتها میل به غذا خوردن است که به وسیله‌ی سیستم‌های مرکزی و محیطی (از جمله ترشح هورمون‌ها از طریق دستگاه گوارش) که بر روی عوامل فیزیولوژیک (گرسنگی و سیری) و عوامل سایکولوژیک (میل و لذت) تأثیر می‌گذارد (سیم و همکاران ۲۰۱۵). تنظیم اشتها یک فرآیند پیچیده است که شامل ارتباط بین هیپوتالاموس در مغز و ارگان‌های مختلف دستگاه گوارش (از جمله معده، پانکراس و روده) و بافت چربی است. هورمون‌هایی که در سیری و گرسنگی تأثیر می‌گذارند و سیگنال‌های سیری را می‌رسانند عبارتند از: کوله‌سیستوکینین (CCK) ترشح شده از دوازدهه و ژئوژنوم، پپتید شبه گلوکاگن (GLP-1)، اکسیتومولین (OXM) و پپتید YY (PYY) که از روده کوچک و بزرگ ترشح می‌شوند) و پلی‌پپتید پانکراس و آمیلین (هر دو از پانکراس) ترشح می‌شوند (استنسل ۲۰۱۰). ورزش ممکن است تغییراتی را در سطح هورمون‌های مرتبط با اشتها و یا متابولیت‌ها و احساس گرسنگی و سیری را ایجاد کند و به نظر می‌رسد که این پاسخ‌ها به شدت ورزش بستگی دارد (پون و همکاران ۲۰۱۸). هورمون پپتید روده‌ای (PYY) یک پپتید ۳۶ اسید آمینه‌ای است که از سلول‌های L درون ریز در قسمت دیستال دستگاه گوارش سنتز شده و در پاسخ به مصرف غذا در داخل جریان خون آزاد می‌شود (حسینی و همکاران ۱۳۹۴). این هورمون (PYY) با پیوند به گیرنده‌های (Y2) هیپوتالاموس نقش خود را ایفا می‌کند (استینرت و همکاران ۲۰۱۶). هورمون PYY علاوه بر کاهش اشتها، در افزایش انرژی مصرفی نیز موثر است؛ در حالی که دیگر هورمون‌های ضد اشتها این اثر را ندارند (آدمسکا و همکاران ۲۰۱۴). بنابراین گزارش شده که کاهش ترشح PYY در مدت زمان پس از جذب مواد غذایی ممکن است موجب کاهش رشد چاقی می‌شود (پیری و همکاران ۱۳۹۷). در واقع، بیشتر پروتکل‌های تمرینی که برای کاهش چربی ایجاد شده‌اند بر روی تمرینات مداوم با شدت متوسط (MICT) تمرکز کرده‌اند (پیرسون و همکاران ۲۰۱۵). تمرینات MICT معمول‌ترین نوع تمرینی است که برای بهبود ترکیب بدن، آمادگی قلبی-عروقی، مقاومت به انسولین (IR) و پروفایل لیپید توصیه می‌شود (۱۶). در مقابل فواید گفته شده برای تمرینات MICT، در مطالعه دیگری نشان داده شده که تمرینات MICT موجب کاهش معنی‌داری در چربی احشایی داخل شکمی نمی‌شود (وانکو و همکاران ۲۰۱۷). از طرفی علاقه به

کارگیری کلسترول اکسیداز فنول آمینو آنتی پیرین و سطح تری گلیسیرید با استفاده از روش آنزیماتیک گلیسرول ۳ فسفات اکسیداز فنول آمینو پیریدین اندازه گرفته شد. سطح سرمی کلسترول LDL با (Friedman formula) محاسبه شد. نمونه گیری ها بین ساعات ۸ تا ۱۰ صبح در آزمایشگاه دانشکده علوم ورزشی دانشگاه رازی گرفته شد.

پروتکل تمرین

هر دو گروه HIIT سه بار در هفته تمرین داده شدند. حداقل یک روز فاصله بین روزهای تمرین وجود داشت. تمرین زیر نظر یک فیزیولوژیست ورزشی در دانشکده علوم ورزشی دانشگاه رازی انجام شد. جلسات تحت نظارت و بر روی تردمیل انجام شد.

جلسات HIIT پس از ۱۰ دقیقه گرم کردن، دو هفته اول ۴ تکرار باشدت ۸۵ درصد ضربان قلب ذخیره و مقیاس درک فشار ۱۵، و به دنبال آن ۳ دقیقه با شدت ۵۰ درصد ضربان قلب ذخیره، دو هفته دوم ۴ تکرار با شدت ۹۰ درصد ضربان قلب ذخیره و مقیاس درک فشار ۱۶، و به دنبال آن ۳ دقیقه با شدت ۵۰ درصد ضربان قلب ذخیره، و در نهایت ۴ هفته آخر ۴ تکرار با شدت ۹۵ درصد ضربان قلب ذخیره و مقیاس درک فشار ۱۷، و به دنبال آن ۳ دقیقه با شدت ۵۰ درصد ضربان قلب ذخیره انجام شد (راموس و همکاران ۲۰۱۷). برای محاسبه حداکثر ضربان قلب ذخیره از فرمول کارون استفاده شد و به منظور کنترل دقیق شدت تمرین از میج بند Mi3 (ساخت کشور چین) استفاده شد. تمامی شرکت کنندگان در حالت ۱۲ ساعت ناشتایی به مدت ۱۵ دقیقه بر روی صندلی نشسته و پاها بر روی زمین و بازو در سطح قلب حمایت می شد. فشار خون سیستولیک و دیاستولیک از سرخرگ کاروتید دست راست گرفته شد. فشار با استفاده از یک فشارسنج دیجیتال ساخت کشور آمریکا در دو تکرار با فاصله ۵ دقیقه گرفته شد.

اندازه گیری Vo2max

به منظور برآورد Vo2max از تست فزاینده بروس اصلاح شده استفاده شد. که شامل ۱۰ مرحله است، در هر مرحله شیب و سرعت تردمیل افزایش یافت، اما زمان تمامی مراحل ۳ دقیقه بود. قبل از شروع تست آزمودنی ها به مدت ۵ دقیقه گرم کردند و سپس فرد روی تردمیل شروع به دویدن کرد. زمانی که فرد نتوانست به فعالیت ادامه دهد و به واماندگی رسید، برنامه ی تمرینی به پایان رسید. معیارهای به واماندگی رسیدن فرد شامل رسیدن به حداکثر ضربان قلب (سن - ۲۲۰) و رسیدن درک فشار فرد به بالاتر از ۱۷ بود (کامیسکی و همکاران ۱۹۹۰).

$$VO_{2max} = (۱/۳۷۹ - ۱۴/۷۶ \times \text{زمان} + ۴۵۱) \times ۰/۳۳ \text{ (زمان)}$$

مصرف مکمل ۱/۵ گرم آلزینات سدیم (سیگما، ساخت کشور آمریکا) در محلول ۱۰۰ میلی گرم آب شیرین (۷ گرم فروکتوز) ۳۰ دقیقه قبل از سه وعده اصلی غذا سه روز در هفته (روزهای تمرین) در دو گروه HIIT با مکمل مصرف کردند (پاکسمان و همکاران ۲۰۰۸).

کنترل رژیم غذایی و ورزش

ضمن اینکه تمامی شرکت کنندگان در خوابگاه دانشگاه بودند و از غذای سلف استفاده می کردند. از تمامی شرکت کنندگان خواسته شد از ۷ روز قبل از اولین نمونه خونی تمام مواد غذایی مصرفی خود را در فرم های بسامد خوراک ۲۴ ساعته یادداشت کنند همچنین گفته شد که از ۴۸ ساعت مانده به گرفتن نمونه خونی از تمرین شدید، خوردن الکل و کافئین اجتناب کنند و برای به حداقل رساندن اثر تغذیه ۷ روز مانده به نمونه خونی دوم همان فرم های بسامد خوراک به شرکت کنندگان داده شد و به آنها گفته شد در صورت امکان همان مواد غذایی را مصرف کنند.

روش کار: این تحقیق از نوع نیمه تجربی با طرح پیش آزمون و پس آزمون با دو گروه تجربی و یک گروه کنترل می باشد. پس از ارزیابی واجد شرایط بودن شرکت کنندگان، در نهایت هدف از انجام تحقیق و روش های تجربی به طور کامل و آسیب ها و خطرات احتمالی تمرینات به شرکت کنندگان توضیح داده شد. از همه شرکت کنندگان رضایت نامه شرکت در برنامه ورزشی و رضایت نامه پزشکی گرفته شد. شرکت کنندگان واجد شرایط به صورت تصادفی و به مدت ۸ هفته در ۳ گروه (HIIT با مکمل، HIIT با دارونما و کنترل) تقسیم شدند.

معیارهای ورود: نداشتن فعالیت ورزشی منظم طی شش ماه گذشته، داشتن حداقل ۳ عامل از مجموع ۵ عامل بیماری سندرم متابولیک (بالا بودن دور کمر (بیشتر یا مساوی ۱۰۲ سانتی متر برای مردان)، پایین بودن HDL-C سرم (کمتر از ۴۰ میلی گرم برای مردان)، بالا بودن تری گلیسیرید سرم (مساوی یا بیشتر از ۱۵۰ میلی گرم در دسی لیتر)، بالا بودن فشارخون (مساوی یا بیشتر از ۱۳۰/۸۵ میلی متر جیوه یا افرادی که داروی پرفشاری خون دریافت می کنند، بالا بودن گلوکز خون (بالا بودن غلظت ناشتا مساوی یا بیشتر از ۱۰۰ میلی-گرم در دسی لیتر یا افرادی که داروی دیابتی دریافت می کنند). عدم مصرف مواد مخدر، الکل، مواد محرک و مکمل یا دارو، نداشتن بیماری دیابت، بیماری کلیوی و تیروئید.

اندازه گیری های آنترپومتریک: قبل از انجام هر آزمایش به شرکت کنندگان گفته شد که حداقل ۴۸ ساعت قبل از شروع پژوهش حاضر از مصرف کافئین و الکل و از انجام ورزش شدید اجتناب کنند. شرکت کنندگان در حالت ۱۲ ساعت ناشتایی و با حداقل لباس (فقط لباس زیر) و با تخلیه مثانه و با استفاده از دستگاه تجزیه و تحلیل ترکیب بدن (ساخت کره، مدل ZEUS9.9 PLUS) درصد چربی بدنشان مشخص شد. قد و وزن شرکت کنندگان نیز پس از ۱۲ ساعت ناشتایی با استفاده از مقیاس سکا (ساخت هامبورگ آلمان) با دقت اندازه گیری ۱۰۰ گرم و ۵/۵ سانتی متر بدست آمد. اندازه گیری BMI: جهت اندازه گیری شاخص توده بدنی از فرمول تقسیم وزن به کیلوگرم بر مجذور قد به متر استفاده شد.

اندازه گیری WHR: از تمامی شرکت کنندگان در حالت ۱۲ ساعت ناشتایی و با استفاده از متر نواری پارچه ای اندازه گیری به عمل آمد. دور کمر در بالاترین قسمت ستیغ ایلیاک در حالتی که فرد بدون لباس بود اندازه گیری شد و دور باسن نیز در درجیم ترین ناحیه گیری شد و WHR از تقسیم نسبت دور کمر به دور باسن تعیین شد (جکسون و همکاران ۱۹۷۶).

شاخص های بیوشیمیایی: یک نمونه خون ناشتا برای اندازه گیری لیپید و گلوکز PYY جمع آوری شد. ۸ سی سی خون گیری در دو وهله با ۱۲ ساعت ناشتا انجام شد. در هر دو بار خون گیری پس از ۲۰ دقیقه استراحت در حالت نشسته گرفته شد. نمونه های خونی از ورید آنتی کوبیتال دست چپ هر یک از آزمودنی ها و در حالت استراحت ۴۸ ساعت قبل از اولین روز شروع تمرینات و وهله آخر ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین جمع آوری شد. به منظور جداسازی سرم، نمونه های خونی به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی گراد با سرعت ۲۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند و بلافاصله پس از جداسازی سرم تا زمان اندازه گیری متغیرها تمامی نمونه ها در دمای ۸۰- درجه سانتی-گراد فریز و نگهداری شد. سطح سرمی PYY از روش الایزا و با استفاده از کیت (Zellbio, Germany, Germany) با درجه حساسیت ۱/۵ پیکوگرم بر میلی لیتر سطح گلوکز از روش رنگ سنجی آنزیمی (گلوکز اکسیداز، شرکت پارس آزمون، تهران، ایران)، سطح کلسترول کل و کلسترول HDL با به

تجزیه و تحلیل داده‌ها

ابتدا کلیه داده‌ها جهت تعیین نرمال بودنشان با استفاده از روش شاپیروویک تحت آزمون قرار گرفتند. جهت تعیین تفاوت‌های پایه و اثر تمرین و مکمل بر شاخص‌های خونی، از آزمون تحلیل واریانس و برای تعیین تفاوت بین گروه‌ها از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. از آزمون t همبسته جهت تعیین تفاوت قبل و بعد از تمرین در گروه‌ها استفاده شد. ضمناً در کلیه موارد سطح آلفا کمتر از ۰/۰۵ برای نشان دادن تفاوت آماری در نظر گرفته شد.

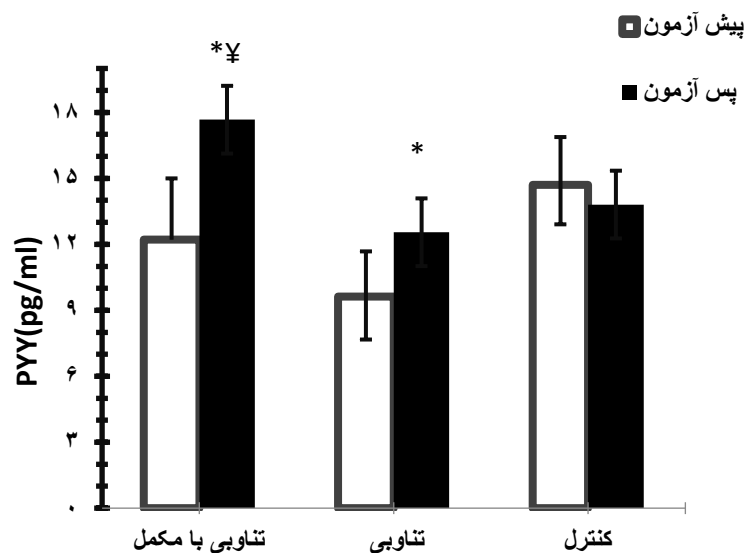
یافته‌ها

در جدول زیر ویژگی‌های آنترپومتریکی آزمودنی‌ها (سن، قد و وزن) قابل مشاهده است. با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یکراهه معین شد که تفاوت معنی‌دار بین مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌ها وجود ندارد.

متغیر	تناوبی با مکمل	تناوبی	کنترل	P
سن (years)	۲۴/۴±۴/۱۷	۲۰/۸۸±۱/۵۵	۲۲/۸۷±۴/۳۲	۰/۰۷
قد (cm)	۱۷۶/۲۵±۶/۷۳	۱۷۳/۷۵±۴/۷۷	۱۷۹±۶	۰/۳۶۲
BMI(kg/m ²)	۳۰/۰۳±۲/۸۳	۳۱/۲۸±۲/۲۹	۲۸/۹۴±۲/۲۴	۰/۳۰۶

گروه‌های HIIT با مکمل و HIIT با دارونما کاهش معناداری مشاهده شد. در فاکتور فشارخون سیستولیک در گروه HIIT با مکمل بهبود معناداری مشاهده شد. فاکتور گرسنگی نیز پس از ورزش در هر ۲ گروه تجربی کاهش معناداری داشت و میزان این کاهش در گروه تمرین تناوبی با مکمل از سایر گروه‌ها بیشتر بود (P= /۰۱).

باتوجه به نمودار شماره ۱، پس از هشت هفته تمرین تناوبی شدید همراه با مصرف مکمل و دارونما افزایش معناداری در فاکتور PYY مشاهده شد. طبق جدول زیر نیز در فاکتورهای تری‌گلیسیرید، کلسترول تام، کلسترول با چگالی پایین و کلسترول با چگالی بالا بهبود معناداری در هر دو گروه تمرین تجربی مشاهده شد. و در گروه کنترل نیز افزایش معناداری در قند خون ناشتا، تری-گلیسیرید، کلسترول کل و LDL مشاهده شد. همچنین در فاکتور دوز کمر در



نمودار شماره ۱: تغییرات پپتید YY در ۳ گروه پس از ۸ هفته تمرین

* تفاوت معنی‌دار بین پیش آزمون با پس آزمون

† تفاوت معنی‌دار بین گروه تناوبی مکمل با گروه کنترل

	تمرین تناوبی با مکمل (۸ نفر)	تمرین تناوبی (۸ نفر)	کنترل (۸ نفر)	بین P (گروهی) Value
TC				
قبل	۱۷۰/۳۸±۲۰/۲۶	۲۰±۱۶۲	۱۵۰/۱۲±۲۴/۷۹	۰/۰۹
بعد	۱۵۱ ۱۸±۲۳	۱۳۰/۲۵±۱۸/۵	۱۵۴/۶±۱۲/۶۲	۰/۰۰۱
P Value	* / ۰۰۱	* / ۰۰۱	۰/۲	
TG				
قبل	۱۵۹/۵±۱۹/۱۶	۱۷۰/۵±۲۴/۷۶	۱۶۹/۲۵±۱۳/۳۱	۰/۱۸۷
بعد	۱۴۱/۸۸±۱۹/۲۴	۱۲۹/۲۵±۹/۳۴	۱۷۲/۲۵±۱۱/۳۲	۰/۰۰۱
P Value	* / ۰۰۱	* / ۰۰۱	۰/۳۷	
LDL				
قبل	۱۰۵/۱۶±۱۰/۱۲	۹۹/۷۹±۱۱/۵	۹۵/۵۸±۱۲/۳۷	۰/۲۷۱
بعد	۸۷/۷±۲/۶۲	۷۹/۲۵ ۷±۲۵	۹۴/۷۶±۱۲/۳۷	۰/۰۰۸
P Value	* / ۰۰۱	* / ۰۰۱	۰/۲۱	
HDL				
قبل	۳۶/۸±۴/۷۵	۳۱/۷۲±۳/۱۲	۳۴/۵۵±۹/۱۲	۰/۵۰۱
بعد	۳۹/۶۵±۴/۷۵	۳۹/۶±۶/۲۵	۳۳/۴۳ ۱±	۰/۱۲۸
P Value	* / ۰۰۲	* / ۰۰۱	۰/۳۱	
FBS				
قبل	۹۷/۷۲±۱۲/۲۵	۸۹/۶۶±۱۰/۷۵	۸۷/۶۳ ۱۴±	۰/۱۲۲
بعد	۸۸/۰۳±۸	۷۸/۵±۷	۷۵/۹±۱۲/۹۳	
P Value	* / ۰۰۱	* / ۰۰۴	* / ۰۳۱	
Z نمره				
قبل	۰/۵۱۹±۰/۳۸	۰/۷۲۵±۰/۴۵۷	۰/۶۶۸ ±۰/۲۴	۰/۲۴
بعد	-۰/۳۶±۰/۲۱	-۰/۲۴۲±۰/۱۱	۰/۸۴۸ ۲۱۹±	۰/۰۰۱
P Value	* / ۰۰۱	* / ۰۰۱	* / ۰۰۵	

* = معنی داری در سطح ۰/۰۵

بین P (گروهی) Value	کنترل (۸ نفر آنالیز شده)	تمرین تناوبی با مکمل (۸ نفر آنالیز شده)	تمرین تناوبی (۸ نفر آنالیز شده)
دور کمر به لگن			
۰/۴۶۶	۰/۹۴±۰/۰۲	۰/۹۳±۰/۰۲	۰/۹۳±۰/۰۱
۰/۰۰۱	۰/۹۴±۰/۰۳	۰/۹۲±۰/۰۲	۰/۹۱±۰/۰۲
	۰/۵۴	۰/۱۱۶	*۰/۰۰۶
VO2max			
۰/۲۷۱	۳۲/۳۹±۵/۳۳	۳۵/۷±۴/۹۲	۳۶/۴±۹۸/۵
۰/۰۰۸	۳۱/۸۱±۴/۱۷	۴۲/۴±۴/۰۳	۴۳/۵±۵/۱۸
	۰/۱۷۳	*۰/۰۰۱	*۰/۰۰۳
وزن (کیلوگرم)			
۰/۵۰۱	۹۲/۴۱±۲/۳۷	۹۲/۸۷±۳/۳۹	۹۴/۲۱±۳/۰۹
۰/۱۲۸	۹۲/۰۶±۸/۶۹	۸۷/۷۵±۳/۳۴	۹۱/۹۷±۳/۳۹
	*۰/۰۴	*۰/۰۰۱	*۰/۰۰۱
فشار خون سیستولیک (میلیمتر جیوه)			
۰/۱۲۲	۱۴/۰±۲/۵۳	۱۳/۴۸±۰/۶	۱۲/۷۲±۰/۶
۰/۰۰۱	۱۳/۰±۹۶/۵۲	۱۲/۰±۴۳/۷۷	۱۲/۰±۴۲/۲۱
	۰/۱۵۲	*۰/۰۰۲	۰/۲۴۲
فشار خون دیاستولیک (میلیمتر جیوه)			
۰/۵۰۱	۷/۹۸±۱/۱	۷/۹۸±۰/۹۲	۷/۷۳±۱/۰۹
۰/۱۲۸	۸/۰±۰/۴۳	۷/۸۲±۰/۵۴	۷/۸۸±۰/۴۶
	۰/۸۲	۰/۴۸۹	۰/۶۲۳
درصد چربی بدن			
۰/۱۲۲	۲۷/۲۸±۴/۳۵	۲۹/۱۳±۲/۶۷	۲۵/۵۳±۲/۳
۰/۱۲۸	۲۷/۷±۴/۷۳	۲۶/۷۷±۲/۲۹	۲۳/۶۶±۱/۸۸
	۰/۲۶۲	*۰/۰۰۲	*۰/۰۰۱

* = معنی داری در سطح ۰/۰۵

بحث و نتیجه گیری

بیشتری در وزن، BMI، قند خون ناشتا و LDL و TC و TG و افزایش معنادار PYY و HDL در مردان مبتلا به سندرم متابولیک می شود ما همچنین دریافتیم که تمرینات HIIT همراه با دارونما نیز باعث کاهش معنی دار در وزن و BMI، LDL، TG، TC و قند خون ناشتا می شوند. اما این کاهش در گروه تمرین تناوبی شدید با مکمل بیشتر از گروه تمرین تناوبی با دارونما بود. در این تحقیق ما کاهش وزن قابل توجهی را در هر دو گروه تمرینی مشاهده کردیم. اگرچه بعد از هشت هفته وزن، BMI و قندخون ناشتا کاهش یافت اما میزان

مهمترین یافته تحقیق حاضر افزایش معنی دار PYY پس از ۸ هفته تمرین تناوبی در مردان مبتلا به سندرم متابولیک بود. که این افزایش در گروه تمرین تناوبی شدید با مکمل از سایر گروه ها بیشتر بود. یافته مهم دیگر این تحقیق تأثیر معنی دار تمرینات تناوبی شدید در کاهش کل نمره Z مردان جوان مبتلا به سندرم متابولیک بود. برای این منظور ۲۴ مرد جوان مبتلا به سندرم متابولیک از بین دانشجویان دانشگاه رازی به کار گرفته شدند. مطالعه حاضر نشان داد که مکمل آلزینات سدیم به همراه تمرین تناوبی شدید باعث کاهش

در کل موجب بهبود کل نمره Z می‌شود (بتمن و همکاران ۲۰۱۱). در پژوهش دیگری گزارش کردند که تمرینات تناوبی شدید اثری بر روی انسولین، پروفایل چربی، پروتئین واکنشی C و اینترلوکین ۶ در افراد دارای اضافه وزن/چاق ندارد (باتاکن و همکاران ۲۰۱۷). اکسیداسیون چربی شواهد قوی برای نقش سازگاری تمرین در بهبود پروفایل چربی خون از طریق کاهش سطوح تری-گلیسیرید و لیپوپروتئین با چگالی کم و افزایش HDL می‌شود. همچنین در مقایسه دو نوع تمرین تناوبی شدید و تداومی متوسط گزارش کردند که عمل انسولین (فسفوریلاسیون گیرنده انسولین) در بافت چربی، میزان قند خون ناشتا و میزان چربی در بافت چربی (پروتئین انتقال دهنده اسید چرب (FATP-1) و اسید سنتز چرب (HAS) در HIIT نسبت به MICT بهبود بیشتری داشت (حسینی و همکاران ۲۰۱۷). ورزش توانایی عضلات اسکلتی را برای استفاده از لیپیدها افزایش و باعث افزایش کلاسترول آسیل ترانسفراز از لسیتین می‌شود که آنزیم مسئول انتقال استر به HDL کلاسترول است (گیلی و همکاران ۲۰۰۳). هر دوی تمرین ورزشی و خوردن غذا موجب تعدادی از تغییرات یکپارچه در اثرات متابولیسم گلوکز، اسید چرب و انسولین و غلظت لیپوپروتئین می‌شود (اریکسون و همکاران ۱۹۹۷). ورزش با فعال سازی AMP kinase اکسیداسیون اسید چرب، جذب گلوکز و بایوژنز میتوکندری را تحریک می‌کند (کیواتا و همکاران ۲۰۱۶). افزایش فعالیت ایپی نفرین و گلوکاگن در طی ورزش، چرخه آدنیلات را فعال می‌کند، در نتیجه سیکل آدنوزین مونوفسفات (cAMP) افزایش می‌یابد. افزایش فسفوریلات CAMP باعث فعالیت LPL حساس به هورمون می‌شود که TG های داخل سلولی را در عضله اسکلتی و میوکارد و همچنین در بافت چربی در طول تمرین فراهم می‌کند تا اسیدهای چرب آزاد را به عنوان یک منبع انرژی تامین کند. فعالیت LPL بالا در عضله پس از ورزش ممکن است نقش مهمی در افزایش غلظت TG ها داشته باشد (دهقانی‌پور و همکاران ۲۰۱۶). ورزش باعث جذب سریع اسیدهای چرب آزاد از گردش خون شود، بنابراین میزان آزاد شدن TG از گردش خون افزایش می‌یابد. اکسیداسیون چربی شواهد قوی برای نقش سازگاری تمرین در بهبود پروفایل چربی خون از طریق کاهش سطوح تری گلیسیرید و LDL و افزایش HDL می‌شود (کیواتا و همکاران ۲۰۱۶).

پیشنهادات و محدودیت ها: پیشنهاد می‌شود که اثر تمرین تناوبی با مکمل یار آلزینات سدیم بر سطوح دیگر هورمون‌های اشتها و همچنین بر روی زنان و در افراد با شرایط مختلف انجام گردد. محدودیت این تحقیق این بود که ما PYY کل را اندازه‌گیری کردیم در حالی که بیشترین تاثیر PYY از طریق PYY3-36 اعمال می‌شود.

به طور کلی نتایج تحقیق حاضر نشان دهنده فواید تمرین تناوبی و به خصوص همراه با مصرف مکمل آلزینات سدیم در افراد مبتلا به سندرم متابولیک دارد. مهم ترین یافته‌ی این تحقیق افزایش پپتید YY بود که باعث کاهش اشتها شد و همچنین کاهش کل نمره Z سندرم متابولیک بود. لذا انجام تمرینات تناوبی شدید همراه با مصرف مکمل آلزینات سدیم راهکاری موثر و کم هزینه جهت پیشگیری و درمان سندرم متابولیک است.

تشکر و قدردانی: در پایان از تمامی کسانی که ما را در انجام این پژوهش یاری کردند نهایت تقدیر و تشکر را داریم.

این کاهش در گروه HIIT با مکمل به طور معناداری بیشتر از گروه کنترل بود. بررسی تحقیقات انجام شده در مورد نقش فعالیت تناوبی شدید سطوح سرمی PYY به همراه با مکمل یاری آلزینات سدیم بر روی افراد دارای سندرم متابولیک همراه هم صورت نگرفته و مطالعاتی که به تنهایی صورت گرفته نشان دهنده نتایج متناقضی است که تعدادی از این تحقیقات با تحقیق حاضر موافق و تعدادی نتایج مخالفی را گزارش کرده‌اند. نتایج تحقیقات گذشته غالباً پاسخ PYY را در یک جلسه فعالیت ورزشی مورد ارزیابی قرار داده‌اند. همچنین تعداد مطالعات بسیار کمی تاثیر یک دوره تمرین بلند مدت و کوتاه مدت بر پاسخ PYY صورت گرفته است. یافته‌های ما با یافته‌های یدا و همکاران که نشان دادند ۱۲ هفته تمرین هوازی و در هر هفته ۳ جلسه بر روی ۲۰ زن سالم میانسال ژاپنی که قبل و بعد از تمرین وزن بدن، حداکثر اکسیژن مصرفی و انرژی مصرفی اندازه‌گیری شد آنها گزارش کردند که تمرینات ورزشی موجب افزایش گرلین آسید دار می‌شود و تغییر معنی‌داری در GLP-1 و PYY ایجاد نشد (یدا و همکاران ۲۰۱۳). و همچنین مارتینس و همکاران گزارش کردند که ۱۲ هفته تمرین بر روی افراد چاق کم تحرک در سه گروه HIIT، MICT، HIIT، کوتاه مدت همراه با برنامه ایزوکالریک بر درک اشتها و سطوح پلاسمایی گرلین آسید دار، GLP-1 و PYY3-36 قبل و بعد از مداخله ورزش هیچ اثر معناداری نداشت (مارتینس و همکاران ۲۰۱۷). ساری صراف و همکاران نیز گزارش کردند یک جلسه تمرین وامانده ساز در مقادیر PYY 3-36 پلازما و گرلین آسید دار نسبت به حالت پایه تفاوت معناداری نداشت (ساری- صراف و همکاران ۱۳۹۷). متناقض است. احتمالاً دلیل این تناقض این است که این پژوهش‌های ذکر شده تنها اثر حاد تمرین را مورد مطالعه قرار داده‌اند. جونس و همکاران در تحقیقی که به مدت ۳۲ هفته تمرین هوازی و در هر هفته ۳ جلسه بر روی نوجوانان چاق بررسی کردند، آنها گزارش کردند که PYY حدود ۲۳ درصد افزایش نسبت به قبل تمرین داشت. در هر صورت افزایش این عامل ضد اشتها می‌تواند نمایانگر اثر مطلوب تمرین در سرکوب اشتها و میل به غذا خوردن باشد و در کاهش انرژی دریافتی اثر گذار باشد (جونس و همکاران ۲۰۰۹). مکانیسمی که PYY به ورزش پاسخ می‌دهد به خوبی شناخته نشده است (هالورس ۲۰۱۶). افزایش توان بالقوه در فعالیت سیستم عصبی سمپاتیک می‌تواند PYY را تحت تاثیر قرار دهد (برم و همکاران ۲۰۱۷). یافته دیگر تحقیق حاضر این بود که گرسنگی پس از تمرین تناوبی شدید سرکوب می‌شود. برم و همکاران گزارش کردند که گرسنگی در طول و برای مدت کوتاهی پس از تمرینات مقاومتی و تمرینات هوازی سرکوب شد. همچنین گرلین آسید دار در طول تمرین سرکوب شد و PYY در طول و پس از تمرین هوازی افزایش یافت (برم و همکاران ۲۰۱۷). یافته مهم دیگر تاثیر تمرین تناوبی شدید با مصرف مکمل و دارونما بر سطوح چربی خون بود که این کاهش در گروه تمرین تناوبی شدید با مکمل بیشتر بود. همسو با تحقیق حاضر راموس و همکاران گزارش کردند که HIIT کم حجم در کاهش کل نمره Z سندرم متابولیک از HIIT بهتر است، همچنین HIIT موثرتر از MICT است (راموس و همکاران ۲۰۱۷). بتمن و همکاران گزارش کردند که تمرینات هوازی به طور معناداری باعث کاهش تری گلیسیرید ناشتا، افزایش غلظت HDL و کاهش دور کمر، کاهش فشار خون و کاهش قند خون ناشتا و

منابع

13. Georg Jensen, M., Pedersen, C., Kristensen, M., Frost, G., & Astrup, A. (2013). efficacy of alginate supplementation in relation to appetite regulation and metabolic risk factors: evidence from animal and human studies. *Obesity reviews*, 14(2), 129-144.
14. Gillen, J. B., Little, J. P., Punthakee, Z., Tarnopolsky, M. A., Riddell, M. C., & Gibala, M. J. (2012). Acute high-intensity interval exercise reduces the postprandial glucose response and prevalence of hyperglycaemia in patients with type 2 diabetes. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 14(6), 575-577.
15. Gill, J. M., Caslake, M. J., McAllister, C., Tsofliou, F., Ferrell, W. R., Packard, C. J., & Malkova, D. (2003). Effects of short-term detraining on postprandial metabolism, endothelial function, and inflammation in endurance-trained men: dissociation between changes in triglyceride metabolism and endothelial function. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 88(9), 4328-4335.
16. Houghton, D., Wilcox, M. D., Chater, P. I., Brownlee, I. A., Seal, C. J., & Pearson, J. P. (2015). Biological activity of alginate and its effect on pancreatic lipase inhibition as a potential treatment for obesity. *Food hydrocolloids*, 49, 18-24.
17. Hallworth, J. R. (2016). The influence of exercise intensity on appetite regulating hormones GLP-1 and PYY in active healthy adults (Doctoral dissertation, Lethbridge, Alta: University of Lethbridge, Dept. of Kinesiology and Physical Education).
18. Hoseini, R., Damirchi, A., & Babaei, P. (2017). Vitamin D increases PPAR γ expression and promotes beneficial effects of physical activity in metabolic syndrome. *Nutrition*, 36, 54-59.
19. Hossein, K. J., Malihe, H., Zahra, K. J., Zahra, K. K., HamidReza, D., & Maryam, M. (2015). Investigation of Orchid root aqueous extract treatment on hormone cholecystokinin serum concentration and body weight in male rats.
20. Jackson, A. S., & Pollock, M. L. (1976). Factor analysis and multivariate scaling of anthropometric variables for the assessment of body composition. *Medicine and science in sports*, 8(3), 196-203.
21. Jones, T. E., Basilio, J. L., Brophy, P. M., McCammon, M. R., & Hickner, R. C. (2009). Long-term exercise training in overweight adolescents improves plasma peptide YY and resistin. *Obesity*, 17(6), 1189-1195.
22. Kumar, S. A., & Brown, L. (2013). Seaweeds as potential therapeutic interventions for the metabolic syndrome. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 14(3), 299-308.
23. Kaminsky, L. A., & Whaley, M. H. (1998). Evaluation of a new standardized ramp protocol: the BSU/Bruce Ramp protocol. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, 18(6), 438-444.
24. Kiwata, J. L., Dorff, T. B., Schroeder, E. T., Gross, M. E., & Dieli-Conwright, C. M. (2016). A review of clinical effects associated with metabolic syndrome and exercise in prostate cancer patients. *Prostate cancer and prostatic diseases*, 19(4), 323.
- 1-جعفری چشمی، پیری، مقصود، آذربایجانی، & متین همایی. (۲۰۱۸). تأثیر انواع تمرینات مقاومتی بر اشتها و سطوح سرمی اورکسین، گرلین و نوروپپتید Y در مردان غیرفعال. *مجله دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد*. ۶۰(۶)، ۸۰۴-۸۱۵.
- ۲-ساری صراف، وحید، آماقانی، اکرم، آقا محمدزاده & استاد رحیمی. (۲۰۱۸). آیا یک فعالیت پیش رونده هوازی، اشتهای زنان چاق و مبتلا به اضافه وزن را کاهش می دهد؟ *مجله دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد*. 61(2), 911-920.
- ۳-فلاح زاده ابرقویی، سعادت، کیفیادی، & نعیمه. (۲۰۱۷). برآورد شیوع چاقی و روند زمانی آن در ایران طی سال‌های ۲۰۰۰ الی ۲۰۱۳، یک مطالعه متاآنالیز. *ماهنامه علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد*. ۲۵(۹)، ۶۸۱-۶۸۹.
- ۴-کارخانه، طاهری، احسانه، قربانی، مهاجری‌تهرانی، & حسینی. (۲۰۱۵). بررسی شاخصهای سندرم متابولیک در زنان چاق با وزن نرمال در مقایسه با زنان غیر چاق. *مجله دیابت و متابولیسم ایران*. ۱۴(۴)، ۲۷۹-۲۸۶.
- ۵-یاری زهرا، میرمیران پروین، & مصلحی نازنین. مروری بر اثرات دانه بزرک و ترکیبات غذایی موجود در آن بر سندرم متابولیک و عوامل خطر مرتبط (مقاله مروری).
6. Adamska, E., Ostrowska, L., Górska, M., & Krętownski, A. (2014). The role of gastrointestinal hormones in the pathogenesis of obesity and type 2 diabetes. *Przegląd gastroenterologiczny*, 9(2), 69.
7. Broom, D. R., Batterham, R. L., King, J. A., & Stensel, D. J. (2009). Influence of resistance and aerobic exercise on hunger, circulating levels of acylated ghrelin, and peptide YY in healthy males. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 296(1), R29-R35.
8. Bateman, L. A., Slentz, C. A., Willis, L. H., Shields, A. T., Piner, L. W., Bales, C. W., ... & Kraus, W. E. (2011). Comparison of aerobic versus resistance exercise training effects on metabolic syndrome (from the Studies of a Targeted Risk Reduction Intervention Through Defined Exercise-STRRIDE-AT/RT). *The American journal of cardiology*, 108(6), 838-844.
9. Batacan, R. B., Duncan, M. J., Dalbo, V. J., Tucker, P. S., & Fenning, A. S. (2017). Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. *Br J Sports Med*, 51(6), 494-503.
10. Camacho-Cardenosa, A., Camacho-Cardenosa, M., Burtcher, M., Martínez-Guardado, I., Timon, R., Brazo-Sayavera, J., & Olcina, G. (2018). High-intensity interval training in normobaric hypoxia leads to greater body fat loss in overweight/obese women than high-intensity interval training in normoxia. *Frontiers in physiology*, 9, 60.
13. Dehganipour, F., & Salehi, M. (2016). The Effects of Two Different Exercise Training Protocols on Metabolic Syndrome Components in Non-athlete, Middle-Aged Women. *Women's Health Bulletin*, 3(4).
11. Eriksson, J., Taimela, S., & Koivisto, V. A. (1997). Exercise and the metabolic syndrome. *Diabetologia*, 40(2), 125-135.
12. Greeley, S. J., Martinez, N., & Campbell, B. I. (2013). The impact of high-intensity interval training on metabolic syndrome. *Strength & Conditioning Journal*, 35(2), 63-65.

34. Ramos, J. S., Dalleck, L. C., Borrani, F., Beetham, K. S., Wallen, M. P., Mallard, A. R., ... & Coombes, J. S. (2017). Low-volume high-intensity interval training is sufficient to ameliorate the severity of metabolic syndrome. *Metabolic syndrome and related disorders*, 15(7), 319-328.
35. Sim, A. Y., Wallman, K. E., Fairchild, T. J., & Guelfi, K. J. (2015). Effects of high-intensity intermittent exercise training on appetite regulation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 47(11), 2441-2449.
36. Stensel, D. (2010). Exercise, appetite and appetite-regulating hormones: implications for food intake and weight control. *Annals of nutrition and metabolism*, 57(Suppl. 2), 36-42.
37. Steinert, R. E., Feinle-Bisset, C., Asarian, L., Horowitz, M., Beglinger, C., & Geary, N. (2016). Ghrelin, CCK, GLP-1, and PYY (3-36): secretory controls and physiological roles in eating and glycemia in health, obesity, and after RYGB. *Physiological reviews*, 97(1), 411-463.
38. Türk, Y., Theel, W., Kasteleyn, M. J., Franssen, F. M. E., Hiemstra, P. S., Rudolphus, A., ... & Braunstahl, G. J. (2017). High intensity training in obesity: a Meta-analysis. *Obesity science & practice*, 3(3), 258-271.
39. Tjønnå, A. E., Ramos, J. S., Pressler, A., Halle, M., Jungbluth, K., Ermacora, E., ... & Coombes, J. (2018). EX-MET study: exercise in prevention on of metabolic syndrome—a randomized multicenter trial: rationale and design. *BMC public health*, 18(1), 437.
40. Ueda, S. Y., Miyamoto, T., Nakahara, H., Shishido, T., Usui, T., Katsura, Y., ... & Fujimoto, S. (2013). Effects of exercise training on gut hormone levels after a single bout of exercise in middle-aged Japanese women. *Springerplus*, 2(1), 83.
41. Wang, N., Liu, Y., Ma, Y., & Wen, D. (2017). High-intensity interval versus moderate-intensity continuous training: Superior metabolic benefits in diet-induced obesity mice. *Life sciences*, 191, 122-131.
42. Wewege, M., Van Den Berg, R., Ward, R. E., & Keech, A. (2017). The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, 18(6), 635-646.
25. Martins, C., Aschehoug, I., Ludviksen, M., Holst, J., Finlayson, G., Wisloff, U., ... & Kulseng, B. (2017). High-intensity interval training, appetite, and reward value of food in the obese. *Medicine and science in sports and exercise*, 49(9), 1851-1858.
26. Matos, V. A. F., de Souza, D. C., Browne, R. A. V., dos Santos, V. O. A., Costa, E. C., & Fayh, A. P. T. (2017). Acute effect of high-intensity interval exercise and moderate-intensity continuous exercise on appetite in overweight/obese males: a pilot study. *Sport Sciences for Health*, 13(2), 403-410.
27. Odunsi, S. T., Vázquez-Roque, M. I., Camilleri, M., Papathanasopoulos, A., Clark, M. M., Wodrich, L., ... & Zinsmeister, A. R. (2010). Effect of alginate on satiation, appetite, gastric function, and selected gut satiety hormones in overweight and obesity. *Obesity*, 18(8), 1579-1584.
28. Paxman, J. R., Richardson, J. C., Dettmar, P. W., & Corfe, B. M. (2008). Daily ingestion of alginate reduces energy intake in free-living subjects. *Appetite*, 51(3), 713-719.
29. Pearson, S., Macaluso, A., & Hussain, S. (2015). High intensity interval training vs moderate intensity continuous training in the management of metabolic type disease. *MOJ Anatomy & Physiology*, 1(5), 27-33.
30. Peake, J. M., Tan, S. J., Markworth, J. F., Broadbent, J. A., Skinner, T. L., & Cameron-Smith, D. (2014). Metabolic and hormonal responses to isoenergetic high-intensity interval exercise and continuous moderate-intensity exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 307(7), E539-E552.
31. Poon, E., Sun, F. H., Chung, A., & Wong, S. (2018). Post-Exercise Appetite and Ad Libitum Energy Intake in Response to High-Intensity Interval Training versus Moderate-or Vigorous-Intensity Continuous Training among Physically Inactive Middle-Aged Adults. *Nutrients*, 10(10), 1408.
32. Ramos, J. S., Dalleck, L. C., Borrani, F., Mallard, A. R., Clark, B., Keating, S. E., ... & Coombes, J. S. (2016). The effect of different volumes of high-intensity interval training on proinsulin in participants with the metabolic syndrome: a randomised trial. *Diabetologia*, 59(11), 2308-2320.
33. Ramos, J. S., Dalleck, L. C., Borrani, F., Beetham, K. S., Mielke, G. I., Dias, K. A., ... & Coombes, J. S. (2017). High-intensity interval training and cardiac autonomic control in individuals with metabolic syndrome: a randomised trial. *International journal of cardiology*, 245, 245-252.