

## Original Article

### Effect of 8-week aerobic training on lipid profile, PYY3-36, and cortisol levels among obese women

Vahid Sari-Sarraf<sup>1</sup>, Akram Ameghani<sup>2\*</sup>, Alireza Ostadrahimi<sup>3</sup>, Naser Aghamohammadzadeh<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Physiology, Faculty of Physical Education, University of Tabriz

<sup>2</sup>Management of Physical Education, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

<sup>3</sup>Faculty of Nutrition, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

<sup>4</sup>Faculty of Medicine, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

\*Corresponding author; E-mail: ameghania@tbzmed.ac.ir

Received: 15 July 2017 Accepted: 17 April 2018 First Published online: 30 Dec 2020

Med J Tabriz Uni Med Sciences Health Services. 2020-2021;42(5):511-519

#### Abstract

**Background:** Limited energy intake with physical activity is effective to reduce health problems associated with obesity. It has been shown that PYY3-36 level increased after intense exercise. This study investigated effect of exercise therapy on appetite suppression and weight loss among obese and/or overweight women.

**Methods:** There was a quasi-experimental with a pretest-posttest design, two groups (control-exercise) study. Study population was overweight or obese women with 20-34 years old and body mass index 27-34 kg/m<sup>2</sup>. 13 women were randomly assigned in 2 groups (exercise group with 8 weeks of aerobic exercise training (n=7) and control group (n=6)). Weight, waist circumference, hip circumference, lipid profile, cortisol and PYY3-36 were measured at baseline and end of the study.

**Results:** In baseline of study, there was no significant difference across the groups in factors mean (P>0.05). In control group, after 8 weeks, there was no significant difference in variables (P>0.05). However, In exercise group significant decrease was observed in BMI, WHR, PYY3-36, TG, CHOLESTROL(TC) and LDL, compared to control group (P<0.05).

**Conclusion:** Aerobic exercise within the 80% of heart rate reserve is beneficial in lipid profile, appetite management and modified anthropometric factors. These studies demonstrate that a cortisol change is not along with PYY3-36 changes. We suggest the longer exercise training for this purpose.

**Keywords:** Aerobic Training, PYY3-36, Cortisol, Lipid Profile, Obesity, Overweight

**How to cite this article:** Sari-Sarraf V, Ameghani A, Ostadrahimi AR, Aghamohammadzadeh N. [Effect of 8-week aerobic training on lipid profile, PYY3-36, and cortisol levels among obese women]. Med J Tabriz Uni Med Sciences Health Services. 2020-2021;42(5):511-519. Persian.

## مقاله پژوهشی

## تاثیر هشت هفته تمرین هوازی بر مقادیر نیمرخ لیپیدی، PYY3-36 و کورتیزول زنان چاق و مبتلا به اضافه وزن

وحید ساری صراف<sup>۱</sup>، اکرم آقمقانی<sup>۲\*</sup>، علیرضا استاد رحیمی<sup>۳</sup>، ناصر آقامحمدزاده<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> گروه فیزیولوژی دانشکده تربیت بدنی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران  
<sup>۲</sup> مدیریت تربیت بدنی دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران  
<sup>۳</sup> دانشکده تغذیه دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران  
<sup>۴</sup> دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران  
 \* نویسنده مسئول؛ ایمیل: ameghanian@tbzmed.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۶/۴/۲۴ پذیرش: ۱۳۹۷/۱/۲۸ انتشار برخط: ۱۳۹۹/۱۰/۱۰  
 مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی- درمانی تبریز. ۱۳۹۹؛ ۴۲(۵): ۵۱۱-۵۱۹

## چکیده

**زمینه:** جهت کاهش مشکلات سلامتی مربوط به چاقی، محدودیت دریافت کالری همراه با فعالیت بدنی، توصیه گردیده است. یافته‌ها افزایش مقادیر PYY3-36 را، در پاسخ به فعالیت‌های شدید نشان داده‌اند. این مطالعه به بررسی روش ورزش درمانی جهت کنترل اشتها و کاهش وزن زنان چاق یا مبتلا به اضافه وزن می‌پردازد.

**روش کار:** مطالعه از نوع نیمه تجربی با طرح پیش آزمون- پس آزمون، دو گروهی (کنترل-تمرین) بود. جامعه مطالعه، زنان دارای اضافه وزن یا مبتلا به چاقی شهرستان تبریز با بازه ۲۰-۳۴ سال و نمایه توده بدن ۲۷-۳۴ کیلوگرم/مترمربع بود. ۱۳ زن به صورت تصادفی در دو گروه هشت هفته تمرین هوازی (۷ نفر) و کنترل (۶ نفر) قرار گرفتند. اندازه‌گیری شاخص‌های وزن، دور کمر، دور لگن، نیمرخ لیپیدی، کورتیزول و PYY3-36 در دو مرحله قبل و بعد هشت هفته فعالیت انجام یافت.

**یافته‌ها:** میانگین شاخص‌ها در قبل از شروع دوره در گروه کنترل و آزمایش تفاوت معنی‌داری نداشتند ( $p > 0.05$ ). در گروه کنترل میانگین شاخص‌ها در بعد از دوره تمرین نسبت به قبل از آن تغییر معنی‌داری نداشت ( $p > 0.05$ ). نتایج آزمون t حاکی است که کاهش مقادیر نمایه توده بدن، نسبت دور کمر به باسن، PYY3-36، تری‌گلیسیرید، کلسترول و LDL در بعد از تمرین نسبت به قبل از تمرین در گروه آزمایش بطور معنی‌داری بیشتر از گروه کنترل بود ( $p < 0.05$ ).

**نتیجه‌گیری:** انجام تمرینات هوازی با شدت ۸۰ درصد ضربان قلب ذخیره، روی شاخص‌های تن‌سنجی و تعدیل نیمرخ لیپیدی موثر بوده و گام موثری جهت دستکاری مقادیر اشتها می‌باشد. همچنین، تغییر مقادیر کورتیزول هم‌راستا با تغییر هورمون PYY3-36 نبوده و احتمالاً جهت اثرپذیری، نیازمند دوره تمرینی طولانی‌تر می‌باشد.

**کلیدواژه‌ها:** تمرین هوازی، PYY3-36، کورتیزول، نیمرخ لیپیدی، چاق، اضافه وزن

**نحوه استناد به این مقاله:** ساری صراف، آقمقانی، استاد رحیمی، آقامحمدزاده ن. تاثیر هشت هفته تمرین هوازی بر مقادیر نیمرخ لیپیدی، PYY3-36 و کورتیزول زنان چاق و مبتلا به اضافه وزن. مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی- درمانی تبریز. ۱۳۹۹؛ ۴۲(۵): ۵۱۱-۵۱۹

حق تالیف برای مولفان محفوظ است.

این مقاله با دسترسی آزاد توسط دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی تبریز تحت مجوز کربیتو کامنز (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>) منتشر گردیده که طبق مفاد آن هرگونه استفاده تنها در صورتی مجاز است که به اثر اصلی به نحو مقتضی استناد و ارجاع داده شده باشد.

## مقدمه

در سال‌های اخیر توجه ویژه‌ای روی تاثیر انواع مختلف تمرینات ورزشی بر کنترل اشتها و دریافت انرژی صورت گرفته است (۱). تمرین ورزشی با ایجاد تعادل منفی انرژی می‌تواند از یک سو رفتارها و عادات تغذیه‌ای مانند گرسنگی، دریافت غذا و اشتها را تعدیل کند و از سوی دیگر روی مصرف انرژی اثرگذار باشد که در نهایت منجر به کاهش وزن می‌گردد (۲). در حال حاضر فهم مکانیسم واکنش‌های مربوط به تعادل منفی کوتاه مدت انرژی به طور کامل شناخته نشده است و آنچه مورد چالش قرار گرفته این است که، تمرین ورزشی می‌تواند دریافت انرژی متعاقب را از طریق دستکاری مقادیر گرسنگی یا اشتها و همچنین پپتیدهای تنظیم کننده اشتها، متعادل سازد (۳).

اشتها و دریافت غذا در سطوح فیزیولوژیکی توسط سیستم نورواندوکرین تنظیم می‌شود. در این میان هورمون‌های روده‌ای تنظیم کننده‌ی اشتها، به عنوان واسطه‌ها، نقش مهمی در فرایند سیری و گرسنگی بازی می‌کنند. چندین پپتید معده‌ای و روده‌ای وجود دارد که مانند سیگنال‌های بازخوردی منفی عمل نموده و دریافت مواد غذایی و اشتها را در زمان دریافت مواد مغذی سرکوب می‌کنند. در این میان توجه خاصی روی پپتید YY به دلیل نقش برجسته آن در میانجی‌گری سیری در حین وعده غذایی و سیری طی دریافت غذا وجود دارد (۴). زیرا به نظر می‌رسد این پپتید برخلاف آدیپوکین‌هایی مانند لپتین و آدیپونکتین، تحت کنترل ذخایر چربی نیست (۵) در مقابل، این موضوع نیز مشخص شده است که مقادیر PYY پلاسمایی در آزمودنی‌های چاق در مقایسه با آزمودنی‌هایی با وزن طبیعی، به طور معناداری کمتر است. بعلاوه، مقادیر PYY ناشتایی را با شاخص توده بدن در ارتباط منفی دانسته‌اند (۶).

تحقیقات کمی در مورد تاثیر تمرینات ورزشی بلندمدت روی سطوح پپتیدهای سیری گردش خون انجام گرفته است و به تبع آن تاثیر دقیق تمرین ورزشی بر PYY هنوز به طور کامل مشخص نشده است (۷). این موضوع لزوم تحقیقات بیشتر را در این زمینه روشن می‌کند.

PYY یک هورمون گوارشی ضد اشتها است که به دو شکل در جریان خون موجود می‌باشد ۱- پپتید با ۳۶ اسیدآمینو به نام PYY<sub>1-36</sub> و ۲- پپتید با ۳۴ اسید آمینو به نام PYY<sub>3-36</sub> که این نوع از پپتید با فراوانی بالایی در جریان خون موجود بوده و بالاترین پتانسیل را در بین پپتیدهای اشتها، از نظر تاثیرات بی‌اشتهایی دارد (۸).

تاثیر فعالیت‌های ورزشی روی هورمون PYY<sub>3-36</sub> بدون تغییر مقادیر دریافت انرژی، به عنوان یک روش سالم و موثر جهت کنترل اشتها، مدنظر است (۹). مدیریت سیستمیک PYY<sub>3-36</sub> دریافت غذایی انسان‌ها را مهار می‌کند (۱۰).

## نکات کاربردی

اجرای تمرینات هوازی به تعداد سه جلسه در هفته، در فرایند کنترل اشتها بین وعده‌های غذایی و زمان دریافت وعده‌های غذایی، همچنین حذف اشتها کاذب موثر می‌باشد. شاخصه اجرا فعالیت هوازی در جهت تعدیل رفتارهای تغذیه‌ای، ماندگاری طولانی‌تر حالت بی‌اشتهایی است که برخلاف رژیم‌های محدودیت دریافت غذایی، با پاسخ جبرانی پراشتهایی متعاقب محدودیت دریافت تغذیه همراه نمی‌باشد. اجرای تمرینات هوازی به تعداد سه جلسه در هفته در بهبود نمایه توده بدن و بهبود مقادیر نیمرخ لیپیدی موثر می‌باشد.

توجه قضیه با نظریه تاخیر در سرعت تخلیه معده در حضور این هورمون، هنوز جای ابهام دارد (۱۱)، ولی آنچه مشخص است این است که تزریق PYY<sub>3-36</sub> افزایش سوخت و ساز انرژی و اکسیداسیون چربی را به همراه دارد (۱۲) که با فرایند کاهش بهره تنفسی (RQ) به عنوان نتیجه افزایش اکسیداسیون چربی تحت تاثیر PYY<sub>3-36</sub> روی مصرف انرژی، قابل حمایت است (۱۱).

سازوکارهای تنظیم اشتها بسیار پیچیده‌اند و از عوامل متعددی تاثیر می‌پذیرند. شواهد نشان می‌دهند که کورتیزول تاثیر مستقیمی بر اشتها داشته (۱۳) و مصرف غذا در انسان را تحریک می‌کند. به نظر می‌رسد افزایش کورتیزول، ترشح نوروپپتید اشتها آور را افزایش می‌دهد. به طور کلی، تاثیر کورتیزول را می‌توان افزایش مقدار دریافت غذا دانست (۱۴).

اکثر مطالعات به پاسخ‌های حاد فعالیت بدنی و ورزش در وهله‌های تمرینی کوتاه مدت پرداخته است و دسترسی به اطلاعات در مورد تاثیرات تمرین ورزشی در چندین هفته یا طولانی‌تر، به‌خصوص روی افراد چاق یا مبتلا به اضافه وزن، میسر نشد (۹). بنابراین بر آن شدیم تا تاثیر هشت هفته فعالیت هوازی را بر تغییرات نیمرخ لیپیدی، مقادیر هورمون سیری PYY<sub>3-36</sub> و هورمون استرسی کورتیزول روی زنان چاق مطالعه کنیم.

## روش کار

مطالعه از نوع نیمه تجربی با طرح پیش آزمون- پس آزمون، دو گروهی (کنترل-تمرین) بود. ۱۹ زن با درجه چاقی یک یا مبتلا به اضافه وزن با میانگین سنی ۲۴/۸۷ سال و میانگین نمایه توده بدن ۳۱/۲۹ کیلوگرم/متر مربع که طی یک سال اخیر، فعالیت بدنی منظم، دارو درمانی، رژیم غذایی کاهش وزن منظم و تغییرات چشمگیر وزنی نداشته و همچنین مبتلا به هیچ یک از بیماری‌های قلبی عروقی، تیروئیدی و مفصلی نبودند، از طریق فراخوان عمومی در سطح شهر تبریز، مراکز درمانی و دستگاه‌های دولتی این شهر، به مطالعه دعوت شدند. پس از پایان مرحله فراخوان و اعلام آمادگی افراد جهت شرکت در مطالعه و برگزاری یک جلسه

انجام شد. ضربان استراحت جهت تعیین شدت تمرین پس از ۱۵ دقیقه قرار گرفتن در وضعیت درازکش به پشت، توسط ضربان‌سنج دیجیتالی شرکت امرون انجام یافت. در ادامه مرحله مطالعه، آزمودنی‌ها صرف یک عدد سیب را به‌عنوان میان‌وعده داشته و پس از اخذ اطلاعات کامل پیرامون مطالعه و علت انجام مطالعه، ساعت ۱۳:۳۰ جهت صرف ناهار شامل یک پیاله سوپ و ساندویچ مرغ حاضر گشتند. لازم به ذکر است که مقدار مصرف نهایی غذا توسط محقق سنجیده گردید تا در بحث روی مقادیر پاسخ هورمون‌های اشتها قدرت تحلیل بالاتری داشته باشیم. متعاقب صرف ناهار، آزمودنی‌ها به مدت ۲ ساعت به فعالیت عادی خود شامل مطالعه و استراحت پرداختند و سپس اولین مرحله خونگیری به انجام رسید. پس از دو روز، اولین جلسه تمرینی انجام شد. آزمودنی‌ها با سپری کردن هشت هفته دوره مطالعاتی، مراحل آزمایشگاهی روز اول را جهت انجام دومین مرحله خونگیری و شاخص‌های بدنی، مجدداً تجربه نمودند. لازم به ذکر است مقادیر دریافت غذایی آزمودنی‌های گروه آزمایش به مقدار قابل توجهی پس از هشت هفته تمرین کاهش یافته بود.

کفایت حجم نمونه با بهره‌گیری از فرمول نمونه‌گیری کوهن به دست آمده بود. در ادامه، بررسی وضعیت طبیعی توزیع داده‌های ابتدای مطالعه، در سطح پایه، توسط آزمون شاپیرو-ویلک انجام گرفت. مقایسه شاخص‌ها بین مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون با آزمون *t* زوجی و بررسی بین گروه کنترل و آزمایش با آزمون *t* مستقل انجام شد. تغییرات واقعی میزان متغیرها در قبل و بعد از تمرین، همچنین مقایسه آنها در گروه کنترل و آزمایش با استفاده از آزمون تحلیل کواریانس (manova) انجام گرفت. کلیه مشخصات آماری و رسم‌ها با بهره‌گیری از نرم افزار SPSS نسخه ۱۸ و Excell نسخه ۲۰۱۰ انجام یافت.

### یافته‌ها

بررسی وضعیت طبیعی توزیع داده‌های ابتدای مطالعه در سطح پایه توسط آزمون شاپیرو-ویلک انجام گرفت. با توجه به نتایج به دست آمده مشاهده شد تمام شاخص‌ها در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون دارای توزیع نرمال بودند ( $p > 0/05$ ). مقایسه شاخص‌ها بین مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون با آزمون *t* زوجی و بین گروه کنترل و آزمایش با آزمون *t* مستقل انجام شد. مقایسه میانگین سنی، نمایه توده بدن و نسبت دور کمر به باسن آزمودنی‌ها عدم تفاوت معنادار بین دو گروه کنترل و آزمایش را پیش از اعمال ۸ هفته تمرین نشان داد ( $p > 0/05$ ). به این معنی که هر دو گروه از لحاظ سنی و شاخص‌های تن‌سنجی همگن بودند. در گروه کنترل با وجود افزایش مختصر میانگین نمایه توده بدن و نسبت دور کمر به باسن بعد از دوره هشت هفته‌ای نسبت به قبل از دوره، تغییر معنی‌داری دیده نشد

توجهی برای آشنایی آزمودنی‌ها با مراحل انجام مطالعه و دلیل انتخاب آنها و تکمیل پرسشنامه‌های ارزیابی پزشکی، جهت بررسی آمادگی فعالیت بدنی و تکمیل فرم رضایت آگاهانه توسط آزمودنی‌ها، همراه ثبت سن، قد و وزن در قالب مشخصات تن‌سنجی، دو جلسه تمرین جهت ارزیابی امکان اجرای فعالیت‌ها توسط آزمودنی‌ها برگزار شد که در این مرحله ۶ نفر از آزمودنی‌ها از ادامه حضور در مطالعه انصراف دادند. در نهایت ۱۳ آزمودنی به صورت تصادفی (به روش قرعه کشی) در دو گروه همگن کنترل و تمرین جای گرفتند. گروه تمرین هشت هفته (بهمن و اسفند ماه) تمرین منظم هوازی را به تعداد سه جلسه نامتوالی (یک روز در میان) در محل سالن‌های ورزشی مدیریت تربیت بدنی دانشگاه علوم پزشکی تبریز اجرا نمودند و شدت تمرینی هر دو هفته یکبار توسط کنترل ضربان قلب و تطابق با شدت تمرین تعدیل می‌گردید. کل زمان جلسه تمرینی ۶۰ دقیقه بود که شامل تمرینات هوازی با ضربان پیش رونده از ۶۰ تا ۸۰ درصد با مراحل استراحت تعبیه شده در بین جلسه تمرینی بود. گروه کنترل طی این هشت هفته، زندگی روزمره خود را بدون تغییر عادات غذایی و فعالیتی ادامه دادند. طی دوره مطالعه، آزمودنی‌ها فعالیت سنگین دیگری نداشته و از مصرف نوشیدنی‌های الکلی و مواد مخدر منع شده بودند. این مقادیر به صورت هفتگی توسط پرسشنامه فعالیت بدنی و پرسشنامه یادآمد غذایی هفت روزه تحت کنترل بود.

بررسی‌های تن‌سنجی و تهاجمی (کد اخلاقی ir.tbzmed.rec.1395.1163 و شماره ثبت کارگاه کارآزمایی‌های بالینی ایران (IRCT): IRCT138811283352N1) در دو مرحله قبل و بعد از هشت هفته مطالعه شد. جهت بررسی تغییرات شاخص‌های بیوشیمیایی لیپیدی (تری‌گلیسرید، کلسترول تام، LDL و HDL) به روش کالریمتری با کیت‌های شرکت پارس آزمون، شاخص سیری (PYY<sub>3-36</sub>) به روش الایزا توسط کیت شرکت کریستال‌دی و شاخص استرسی کورتیزول توسط کیت شرکت دیامترا به روش الایزا از دو مرحله خونگیری بهره جستیم. اولین مرحله خونگیری و بررسی تن‌سنجی قبل از شروع اولین جلسه تمرینی بود. به این شکل که آزمودنی‌ها از صبح آزمون از لحاظ تغذیه و فعالیت بدنی مورد کنترل کامل محقق بوده و هر دو فاکتور تغذیه و فعالیت آزمودنی‌ها به صورت کامل با یکدیگر هماهنگ گردید. آزمودنی‌ها پس از صرف صبحانه شامل ۲ کف دست نان سنگگ، یک قوطی کبریت پنیر، یک عدد تخم مرغ آب‌پز متوسط و ۳ عدد خرما با مصرف آب آزاد (ad libitum) که مقدار مصرف نهایی آن توسط محقق سنجیده گردید، ساعت ۹ صبح در آزمایشگاه حاضر گشتند. پس از استراحت یک ساعته، اندازه‌گیری‌های قد و وزن توسط دستگاه قدسنج و ترازوی سگا(احتمال خطا ۰/۲ کیلوگرم) انجام گرفت. همچنین اندازه‌گیری دور کمر و دور شکم نیز توسط متر تن‌سنجی طبق قواعد اندازه‌گیری استاندارد بین‌المللی (ISAK)

آزمون تحلیل کواریانس (mancova) انجام گرفت و نتایج آن در جدول شماره ۲ گزارش شده است. نتایج حاکی است که میزان تغییرات نمایه توده بدن، نسبت دور کمر به باسن، PYY<sub>3-36</sub>، تری گلیسیرید، کلسترول و LDL بعد از تمرین نسبت به قبل از تمرین در گروه آزمایش بطور معنی داری بیشتر از گروه کنترل بود (p<۰/۰۵) و این تغییرات به صورت کاهش مشاهده شد. میزان تغییرات کورتیزول و HDL بعد از تمرین نسبت به قبل از تمرین در گروه آزمایش و کنترل تفاوت معنی داری نداشت (p>۰/۰۵). بیشترین تغییرات در LDL با اندازه اثر ۰/۵۲ و نمایه توده بدن با اندازه اثر ۰/۵۱ و کمترین تغییرات در کورتیزول با اندازه اثر ۰/۰۷ مشاهده شد.

### بحث

هدف اصلی پژوهش حاضر بررسی تاثیر هشت هفته فعالیت هوازی بر مقادیر پایه هورمون PYY<sub>3-36</sub> در زنان چاق یا مبتلا به اضافه وزن بود. در همین راستا، تغییرات شاخص‌های تن سنجی شامل نسبت دور کمر به باسن و نمایه توده بدن و شاخص‌های بیوشیمیایی مانند نیمرخ لیپیدی و هورمون کورتیزول را نیز، به دلیل بررسی احتمال تاثیر روی اشتها و هورمون PYY<sub>3-36</sub> به بحث پرداختیم.

در گروه آزمایش نیز میانگین نسبت دور کمر به باسن در بعد از تمرین نسبت به قبل از تمرین علی رغم کاهش، تغییر معنی داری نداشت (p>۰/۰۵). در حالی که میانگین نمایه توده بدن در گروه آزمایش بعد از تمرین نسبت به قبل از تمرین کاهش معنی داری داشت (p<۰/۰۵). میانگین شاخص‌های PYY<sub>3-36</sub>، کورتیزول، تری گلیسیرید، HDL، کلسترول و LDL قبل از شروع دوره تمرینی در گروه کنترل و آزمایش تفاوت معنی داری نداشتند (p>۰/۰۵) و در هیچ یک از گروه‌های آزمایش و کنترل میانگین شاخص‌های PYY<sub>3-36</sub> و کورتیزول در بعد از تمرین نسبت به قبل از تمرین تغییر معنی داری نداشت (p>۰/۰۵).

با این حال هشت هفته پس از تمرین، میزان PYY<sub>3-36</sub> در گروه آزمایش، بطور معنی داری کمتر از گروه کنترل بود (p<۰/۰۵). این در حالی است که در گروه آزمایش میانگین شاخص‌های تری گلیسیرید، کلسترول و LDL در بعد از تمرین نسبت به قبل از تمرین کاهش معنی دار و میانگین HDL افزایش معنی داری داشت (p<۰/۰۵). در مقابل، در گروه کنترل، میانگین شاخص‌های تری گلیسیرید، HDL، کلسترول و LDL در بعد از تمرین نسبت به قبل از تمرین تغییر معنی داری نداشت (p>۰/۰۵).

آزمون t مقدار موجود شاخص‌ها را مقایسه می‌کند و به تغییرات آنها توجه نمی‌کند. تغییرات واقعی میزان متغیرها در قبل و بعد از تمرین، همچنین مقایسه آنها در گروه کنترل و آزمایش با استفاده از

جدول ۱: مقایسه ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها در مرحله پیش‌آزمون گروه کنترل و آزمایش

متغیر وابسته	گروه	تعداد	میانگین	انحراف استاندارد	آماره t	درجه آزادی	سطح معنی داری
سن	کنترل	۶	۲۶/۶۷	۳/۹۳	۱/۲۴	۱۱	۰/۲۴
	آزمایش	۷	۲۳/۱۴	۵/۹۳			
نمایه توده بدنی	کنترل	۶	۳۱/۴۳	۳/۰۱	۰/۱۷	۱۱	۰/۸۷
	آزمایش	۷	۳۱/۱۶	۲/۶۹			
حداکثر اکسیژن مصرفی	کنترل	۶	۳۲/۱۷	۱/۵۳	۰/۶۵	۱۱	۰/۵۳
	آزمایش	۷	۳۰/۹۷	۴/۲۸			
ضربان قلب	کنترل	۶	۸۱/۰۰	۷/۶۷	-۰/۳۶	۱۱	۰/۸۲
	آزمایش	۷	۸۲/۴۳	۶/۵۵			

جدول ۲: نتایج آزمون تحلیل کواریانس برای مقایسه تغییرات شاخص‌ها در گروه کنترل و آزمایش

شاخص‌ها	میانگین مجذورات	مقدار F	سطح معنی داری	اندازه اثر
نمایه توده بدن	۱/۶۳	۱۰/۲۲	۰/۰۱	۰/۵۱
نسبت دور کمر به باسن	۰/۰۰۲	۵/۴۸	۰/۰۴۱	۰/۳۵
PYY <sub>3-36</sub>	۲۱۰۴/۱۵	۵/۶۷	۰/۰۳۹	۰/۳۶
کورتیزول	۳۸۰۳/۹۴	۰/۸۰	۰/۳۹	۰/۰۷
تری گلیسیرید	۷۴۱۶/۸۲	۵/۸۴	۰/۰۳۶	۰/۳۷
HDL	۱۶۶/۹۰	۳/۹۱	۰/۰۷۶	۰/۲۸
کلسترول	۹۸۱/۹۶	۶/۱۷	۰/۰۳۲	۰/۳۸
LDL	۶۶۱/۰	۱۰/۶۳	۰/۰۰۹	۰/۵۲

به حضور PYY<sub>3-36</sub> را با افزایش سوخت‌وساز انرژی و اکسیداسیون چربی همراه دانست. اشمید و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان دادند حضور PYY<sub>3-36</sub> با کاهش بهره تنفسی، نشانگر افزایش اکسیداسیون چربی است (۱۱). این می‌تواند بیانگر توانایی بدن در پاسخ به فعالیت هوازی جهت مصرف بهینه انرژی از منابع ذخیره چربی، بدون تکیه بر قند در دسترس باشد. جهت تکمیل مطلب لازم است این داده‌ها با نتایج حاصل از مقادیر هورمون PYY<sub>3-36</sub> ادغام گردد. می‌دانیم که هورمون PYY سیگنال‌های سیری را عهده گرفته و جهت تنظیم کوتاه‌مدت اشتها، در بین وعده های غذایی یا در طی دریافت وعده‌های غذایی رها شده و رفتارها و عادات خوردن را به صورت حاد کنترل می‌کند (۱۹). تنظیمات جبرانی در سطوح گردشی PYY به‌عنوان مکانیسم کمک‌کننده به تنظیم حاد تعادل انرژی اتفاق می‌افتد. پاسخ PYY به دریافت مواد مغذی ممکن است با حساسیت واضح اشتها و محدودیت دریافت مواد غذایی در ارتباط باشد. برخی از تحقیقات نشان داده‌اند که PYY نسبت به کمبودهای حاد انرژی ناشی از ورزش پاسخ نمی‌دهد (۷،۲۰). یافته‌های مطالعه حاضر در تایید این مطلب، اجرای فعالیت ورزشی را با کاهش اشتها همراه دانست. هر چند که هورمون‌های اشتها و پاسخگویی آنها به فعالیت‌بدنی به عنوان یک روش سالم و موثر در کاهش وزن و خطرات ناشی از آن، در قالب یک موضوع برجسته مطالعاتی مورد توجه محققین قرار گرفته است، اکثر مطالعات به پاسخ‌های حاد فعالیت بدنی و ورزش در وهله‌های تمرینی کوتاه مدت پرداخته‌اند و دسترسی به اطلاعات در مورد تأثیرات تمرین ورزشی در چندین هفته یا طولانی‌تر بسیار محدود است (۹). در مطالعه حاضر، مقادیر هورمون PYY<sub>3-36</sub> پس از هشت هفته فعالیت هوازی، در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل پایین بود. هم‌جهت با این نتایج، ملانوروزی (۱۳۹۱) نیز نشان داد که تمرینات هوازی بر مقادیر PYY پلازما زمان استراحت و ناشی از ورزش و ماندن‌ساز اثر معناداری نداشت (۲۱). هدف مطالعه حاضر بررسی مقادیر پایه هورمون سیری ذکر شده بود و مقادیر آن در زمان اوج این هورمون که نیم ساعت پس از دریافت غذا می‌باشد اندازه‌گیری نشد. مقادیر این هورمون در وضعیت استراحت یعنی ۲ ساعت پس از مصرف وعده غذایی نهار اندازه‌گیری گردید، چرا که قصد ما بررسی تغییرات مقادیر پایه هورمون در وضعیت استراحت بود. با توجه به این نکته که گروه آزمایش به اختیار، مقادیر دریافت غذایی پایین‌تری از گروه کنترل را پس از هشت هفته تمرینی تجربه کردند و طی روز، دیرتر از آزمودنی‌های گروه کنترل احساس گرسنگی داشتند، بنابراین می‌توان گفت که کاهش مقدار دریافت مواد غذایی که نشانگر کاهش اشتها در پاسخ به هشت هفته فعالیت ورزشی می‌باشد، باعث کاهش ترشح مقادیر اوج هورمون سیری گردیده است. در نظر داشته باشیم سطوح در گردش خون PYY به دریافت مواد

در مطالعه حاضر مقادیر نمایه توده بدنی افراد در گروه آزمون، متعاقب هشت هفته فعالیت هوازی کاهش یافت. این کاهش نمایه بدن با کاهش در اشتهای آزمودنی‌ها همراه گشت. در واقع می‌توان گفت یکی از عوامل افزایش وزن، دریافت حجم بالا مواد غذایی به دلیل اشتها کاذب می‌باشد که دوره فعالیت هوازی در حذف این اشتها کاذب موثر دیده شد. در توضیح مطلب، کینگ و همکاران (۲۰۰۷) بیان کرده‌اند که تمرین ورزشی، علاوه بر تأثیر روی مصرف انرژی، می‌تواند با ایجاد تعادل منفی انرژی، رفتارها و عادات تغذیه‌ای (مانند گرسنگی، دریافت غذا و اشتها) را تعدیل کند تا منجر به کاهش وزن گردد (۲). در مطالعه دیگری کینگ و همکارانش (۱۹۹۴) نشان دادند که محدودیت دریافت انرژی منجر به افزایش جبرانی سریع در اشتها و دریافت تغذیه‌ای می‌گردد، ولی این قضیه در وهله‌های حاد ورزش صادق نبوده و پاسخ‌های جبرانی را همراه نخواهد داشت، حتی زمانی که مقدار مصرف انرژی زیاد باشد (۱۵).

همچنین، در مطالعه حاضر کاهش نمایه توده بدن گروه آزمون پس از هشت هفته فعالیت با افزایش مقادیر PYY<sub>3-36</sub> همراه نبود. نتایج با داده‌های مطالعه اسکوبرت و همکاران (۲۰۱۴) در یک جهت می‌باشد (۱۶). یافته‌های مطالعه حاضر حاکی از عدم ارتباط نمایه توده بدن با هورمون PYY<sub>3-36</sub> طی هشت هفته فعالیت بود. در توضیح مطلب می‌توان گفت با در نظر گرفتن اینکه آزمودنی‌های مطالعه حاضر زنان چاق بودند و طبق یافته‌های قبلی روند کاهش وزن در زنان چاق از سرعت کمتری برخوردار می‌باشد (۱۷)، احتمال می‌رود مدت زمان تمرین کاربردی برای پاسخ هورمون سیری کم بوده است و احتمال دیگر این‌که، مقادیر PYY<sub>3-36</sub> نمی‌تواند به تنهایی بیانگر افزایش یا کاهش اشتها باشد. شاید این هورمون سیری در پاسخ به فعالیت‌بدنی مفیدتر عمل نموده و در مقادیر پایین‌تری منجر به صدور پیام سیری می‌گردد. پس از هشت هفته فعالیت هوازی، نیمرخ لیپیدی آزمودنی‌ها در گروه آزمایش به سمت مثبت سیر کرد، طوری که مقادیر LDL، تری‌گلیسرید و کلسترول در پاسخ به دوره تمرینی روند کاهشی به خود گرفتند و مقادیر HDL با افزایش مواجه گشت، ولی مقادیر شاخص‌های لیپیدی در گروه کنترل، طی دوره مطالعاتی، بدون تغییر بود. نتایج حاکی از این است که تغییرات در گروه آزمایش ناشی از عامل فعالیت بدنی و دوره تمرینی می‌باشد. بنابراین فعالیت بدنی به توالی سه روز در هفته می‌تواند گزینه مناسبی جهت تعدیل نیمرخ لیپیدی افراد چاق لحاظ گردد. هم‌راستا با یافته های مطالعه حاضر، جونز و همکاران (۲۰۰۹) پس از هشت ماه تمرین هوازی بلندمدت کاهش معناداری در درصد چربی بدن مشاهده کرد (۱۸).

توجه داشته باشیم که هم‌راستا با مطالعه اسلاث (۱۲)، مطالعه حاضر نیز کاهش اشتها ناشی از افزایش حساسیت پاسخگویی بدن

هنوز مورد بحث می‌باشد. مطالعات زیادی در انسانها نشان داده‌اند که PYY<sub>3-36</sub> کالری دریافتی و وزن بدن را پایین می‌آورد و علاوه بر شرکت در سیری پس از غذا، در تنظیم وزن بدن در طولانی‌مدت نیز نقش مهمی دارد. (۲۵) هم‌جهت با نتایج مطالعه حاضر، روپل (۲۰۰۸) روی جوانان نشان داد که تمرین هوازی منجر به تقویت فعالیت بخش مرکزی مغز و هورمون‌های تنظیم‌کننده سیری می‌گردد و سرکوب اشتها را در پی دارد. (۲۶)

در تناقض با مطالعه حاضر، مطالعه مور (۲۰۰۴) نشان داد که دو جلسه تمرین هوازی روی دریافت انرژی متعاقب تمرین در کودکان چاق ۱۰-۹ ساله تاثیری نداشت (۲۷). البته لازم به ذکر است که مدت زمان کاربردی در مطالعه مور بسیار کوتاه بوده و یافته‌های مطالعه وی، با چندین مطالعه با دوره تمرینی طولانی‌تر در تناقض می‌باشد. در تایید مطلب، مطالعه کینگ و همکاران (۲۰۱۱) افزایش سطوح گردشی PYY<sub>3-36</sub> را در پاسخ به ورزش نشان داد. با توجه به این نکته که شدت و دوره تمرین در مطالعه کینگ و همکاران بیشتر بود (۹)، احتمال می‌رود افزایش سطوح در گردش خون PYY<sub>3-36</sub> به شدت و طول دوره تمرینی بستگی دارد. در این میان برخی محققین به بررسی تاثیر تمرینات بلندمدت بر تغییرات اشتها و هورمون‌های درگیر پرداختند. از جمله جونز و همکاران (۲۰۰۹) تاثیر هشت ماه تمرین هوازی بلندمدت را در ۱۵ نوجوان چاق روی مقادیر PYY بررسی کردند. غلظت PYY تام پس از تمرینات ورزشی بلندمدت افزایش معناداری داشت و این افزایش حدود ۲۳ درصد بود (۲۸). مارتینز و همکاران (۲۰۱۰) نیز طی دوازده هفته تمرین، هر هفته پنج جلسه، روی ۲۲ آزمودنی بی‌تحرک دچار اضافه وزن یا چاق، نشان دادند، مقادیر PYY پلاسما در اثر تمرینات ورزشی تغییر معناداری در دو حالت ناشتا و پس از صبحانه نداشت (۲۹) که داده‌های مطالعه مارتینز و همکاران هم‌جهت با مطالعه حاضر بود و ما را به بیان جسورانه نظریه "شرط تاثیر تمرین روی مقادیر پایه هورمون سیری PYY<sub>3-36</sub>، کاربرد تمرین هوازی حداقل ۴ ماه می‌باشد" مصمم‌تر می‌سازد. دلیل احتمالی عدم تغییر در غلظت PYY پلاسما در اثر تمرینات هوازی را می‌توان با این موضوع مرتبط دانست که عدم تغییر وزن چشمگیر طی پروتکل پژوهش و در نتیجه عدم ایجاد تعادل منفی چشمگیر انرژی، سبب شد پاسخ‌های جبرانی در هورمون PYY برای ایجاد تعادل مجدد معادله انرژی ایجاد نشود. همچنین شواهد نشان می‌دهند که کورتیزول تاثیر مستقیمی بر اشتها دارد (۱۳) و مصرف غذا در انسان را تحریک می‌کند. به نظر می‌رسد افزایش کورتیزول، ترشح نوروپپتید اشتهاآور Y را افزایش و اثر سرکوب‌کنندگی لپتین بر دریافت غذا را کاهش می‌دهد. به طور کلی، تاثیر کورتیزول را می‌توان افزایش مقدار دریافت غذا دانست (۱۴) با توجه به اطلاعات موجود و با بررسی ادبیات تحقیق، اطلاعات کامل و روشنی درباره ارتباط احساس سیری، PYY و

مغذی حساس هستند (۲۲). پس دریافت‌های تغذیه‌ای با حجم بالا که فراتر از حد سیری می‌باشند با پاسخ‌های شدید مقادیر هورمون سیری همراه می‌باشند. اگر چه تمرین با شدت متوسط تا بالا، سطوح گردشی هورمون‌های روده را به صورت متغیر در جهت کاهش اشتها پیش می‌برد (۲۰،۷)، این موضوع با پاسخ جبرانی در ساعات اولیه پس از ورزش جهت اصلاح عدم تعادل انرژی همراه نمی‌باشد. همچنین پاسخ PYY می‌تواند به تحریک ناپذیری اشتهایی ناشی از فعالیت مربوط باشد. (۹) در تکمیل مطلب، لیدی و ویلیامز (۲۰۰۶) نشان دادند که غلظت در گردش خون PYY<sub>3-36</sub> به مقدار انرژی وعده غذایی و دریافت مواد مغذی حساس است. به عبارتی، غلظت گردش خون PYY پس از وعده غذایی به نسبت مقدار خوردن افزایش می‌یابد. (۲۲) با در نظر گرفتن این نظریه که تمرین می‌تواند دریافت انرژی را از طریق دستکاری مقادیر گرسنگی یا اشتها و همچنین پیوندهای تنظیم‌کننده اشتها متعادل سازد (۳)، این موضوع در زمان بلافاصله پس از تمرین مطالعه شده است و در مورد مقادیر پایه PYY<sub>3-36</sub> مستندات چندانی در دست نمی‌باشد. در مطالعه پرادو و همکاران (۲۰۱۳) اجرای تمرین هوازی در دختران چاق، منجر به بی‌اشتهایی موقت و زودگذر در دختران چاق ۱۸-۱۳ ساله شد و غلظت PYY<sub>3-36</sub> پس از هر وهله تمرین افزایش داشت. در حالی که احساس گرسنگی با عدم تغییر مواجه بود (۱۹). هر چند که در مطالعه حاضر نیز بی‌اشتهایی پس از تمرین به دست آمد، ولی بی‌اشتهایی در این مطالعه به صورت طولانی‌مدت بود و افراد در گروه آزمون دیرتر از حالت معمول احساس گرسنگی کرده و در هنگام دریافت غذا زودتر از گروه کنترل احساس سیری داشتند. در تناقض با داده‌های حاضر نتایج پژوهش ملانوروزی (۱۳۹۱) نشان داد، هشت هفته تمرین هوازی بر احساس سیری زمان استراحت ناشی از ورزش و اما نه ساز تاثیر معنی‌داری نداشت. (۲۱) وایرو و همکاران (۲۰۰۸) نیز در یک پروتکل ۱۶ روزه، تاثیر تمرینات هوازی (روی دوچرخه کارسنج یا نوارگردان) را بر اشتها بررسی کردند و هیچ تاثیر معناداری در احساس گرسنگی، سیری و میل به غذا پس از تمرینات مشاهده نکردند. (۲۳) از سوی دیگر، لیدی و همکاران (۲۰۰۷) کاهش معنی‌دار احساس سیری در اثر سه ماه تمرین ورزشی را گزارش کردند که البته نسبت به گروه کنترل معنادار نبود (۲۴). در هر حال با دقت در نتایج به دست آمده درمی‌یابیم که شدت‌ها و دوره‌های تمرینی متفاوت، پاسخ‌هایی متفاوت به همراه دارند. بنابراین با دریافت بهترین نوع و شدت تمرین می‌توانیم در فرایند کنترل اشتها موفق‌تر عمل نماییم. با جستجو در مطالعات پیشین و مطالعه حاضر، توصیه بر این است که تمرینات هوازی در کاهش وزن و یا کمک به حفظ وزن موثر می‌باشند و داده‌های حاصل از نمایه توده بدن و اشتها نیز با این گفته هم‌جهت است. هر چند که تاثیرات کاهش وزن بدن توسط PYY<sub>3-36</sub> در ادبیات ما

احساس سیری زودرس کرده است و به بیان دیگر، در پاسخ به هشت هفته فعالیت هوازی، بخش تنظیمی اشتها در هیپوتالاموس افراد حاضر در گروه تمرین، نسبت به حضور مقادیر اندک هورمون سیری نیز حساسیت نشان داده و با کارایی بالایی پاسخ داده است. پیشنهاد می شود جهت بهره گیری از فواید تمرین روی مهار مثبت کورتیزول در جهت کنترل اشتها، فعالیت ورزشی با دوره طولانی تر از سه ماه به کار گرفته شود.

### قدردانی

نهایت سپاس را از آقای دکتر بهرام جمالی به خاطر کمک های ارزنده شان در اجرای مطالعه، همچنین از آزمودنی های مطالعه حاضر به خاطر مصمم بودن شان در پیشبرد تحقیق، دارا هستیم.

### ملاحظات اخلاقی

پروتکل این مطالعه در کمیته پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تبریز استان آذربایجان شرقی به شماره ۱۳۹۵،۱۱۶۳ به تایید رسیده است.

### منابع مالی

این مطالعه هیچ منبع مالی ندارد.

### منافع متقابل

اظهار می داریم که منافع متقابلی از تالیف یا انتشار این مقاله نداریم.

### مشارکت مولفان

و.س.ص، ا.آ و همکاران طراحی، اجرا و تحلیل نتایج مطالعه را عهده داشتند. و.س.ص، ا.آ و همکاران همچنین مقاله را تالیف نموده و نسخه نهایی آن را خوانده و تایید کرده اند.

کورتیزول پلازما با تمرینات هوازی بلندمدت وجود ندارد. (۲۱) در مطالعه حاضر افزایش مقادیر کورتیزول با افزایش اشتها همراه نبود. هم جهت با این مطالعه، نتایج پژوهش ملانوروزی و همکاران (۱۳۹۱) نشان داد تمرینات هوازی سبب افزایش معنادار کورتیزول پلازما پس از ورزش وامانده ساز و زمان استراحت می شود. همچنین، افزایش غلظت کورتیزول سبب افزایش اشتها نشد که در مطالعه حاضر نیز چنین بود. البته چون عوامل و هورمون های زیادی در تنظیم احساس اشتها و سیری موثرند و کورتیزول تنها یکی از این عوامل است، می توان این ناهماهنگی را توضیح داد (۲۱). دلیل یا دلایل افزایش غلظت کورتیزول در مطالعه ملانوروزی و همکاران همچنین در مطالعه حاضر، به خوبی مشخص نیست، چرا که طبق انتظار غلظت کورتیزول پلازما پس از سازگاری با تمرینات هوازی در حالت استراحت و پس از ورزش وامانده ساز کاهش می یابد (۳۰). این در حالی است که در مطالعه حاضر گروه آزمایش مقادیر بالاتر کورتیزول را نسبت به گروه کنترل نشان دادند. عوامل متعددی می توانند در اختلاف و تنوع داده ها در مطالعات مختلف دخیل باشند. این عوامل شامل تفاوت در نمونه آماری، مرحله بلوغ آزمودنی ها یا سن آزمودنی ها و ... می باشد. همچنین اختلاف در شدت، مدت و محدودیت های تمرین و تفاوت در روش استفاده شده، مکان و ابزارهای کاربردی در تمرین و سنجش اشتها، نحوه دریافت غذایی مثل مقدار و نوع غذا تعیین شده، کل انرژی دریافتی، محتوا و مقدار درشت مغذی ها همچنین زمان بندی مصرف غذا، ممکن است روی نتیجه اثرگذار باشد. در نهایت توصیه مطالعاتی محققین مطالعه حاضر، به کاربرد تمرینات طولانی تر می باشد.

### نتیجه گیری

به نظر می رسد انجام هشت هفته فعالیت بدنی، دستگاه گوارش آزمودنی ها را برای دریافت وعده های غذایی با حجم کم مستعد ساخته و فرد فعال در حضور مقادیر پایین هورمون سیری،

## References

- Douglas JA, Deighton K, Atkinson JM, Sari-Sarraf V, Stensel DJ, Atkinson G. Acute Exercise and Appetite-Regulating Hormones in Overweight and Obese Individuals: A Meta-Analysis. *J Obese*. 2016;2016:2643625. doi: 10.1155/2016/2643625
- King NA, Caudwell P, Hopkins M, Byrne NM, Colley R, Hills AP, et al. Metabolic and behavioral compensatory responses to exercise interventions: barriers to weight loss. *Obesity (Silver Spring)*. 2007 Jun;15(6):1373-83. doi: 10.1038/oby.2007.164
- Martins C, Morgan L, Truby H. A review of the effects of exercise on appetite regulation: an obesity perspective. *Int J Obese (Lond)*. 2008 Sep;32(9):1337-47. doi: 10.1038/ijo.2008.98
- Neary MT, Batterham RL. Peptide YY: food for thought. *Physiol Behav*. 2009 Jul 14;97(5):616-9. doi: 10.1016/j.physbeh.2009.02.024.
- Cummings DE, Overduin J. Gastrointestinal regulation of food intake. *J Clin Invest*. 2007 Jan;117(1):13-23. doi: 10.1172/jci30227
- Batterham RL, Cohen MA, Ellis SM, Le Roux CW, Withers DJ, Frost GS, et al. Inhibition of food intake in obese subjects by peptide YY3-36. *N Engl J Med*. 2003 Sep 4;349(10):941-8. doi: 10.1056/nejmoa030204



7. Broom DR, Batterham RL, King JA, Stensel DJ. Influence of resistance and aerobic exercise on hunger, circulating levels of acylated ghrelin, and peptide YY in healthy males. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2009 Jan;296(1):R29-35. doi: 10.1152/ajpregu.90706.2008
8. Deighton K, Barry R, Cannon CE, Stensel DJ. Appetite, gut hormone and energy intake responses to low volume sprint interval and traditional endurance exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2013 May;113(5):1147-56. doi: 10.1007/s00421-012-2535-1
9. King JA, Wasse LK, Ewens J, Crystallis K, Emmanuel J, Batterham RL, et al. Differential acylated ghrelin, peptide YY3-36, appetite, and food intake responses to equivalent energy deficits created by exercise and food restriction. *J Clin Endocrinol Metab*. 2011 Apr;96(4):1114-21. doi: 10.1210/jc.2010-2735
10. Steinert RE, Poller B, Castelli MC, Drewe J, Beglinger C. Oral administration of glucagon-like peptide 1 or peptide YY 3-36 affects food intake in healthy male subjects. *Am J Clin Nutr*. 2010 Oct;92(4):810-7. doi: 10.3945/ajcn.2010.29663
11. Schmidt JB, Gregersen NT, Pedersen SD, Arentoft JL, Ritz C, Schwartz TW, et al. Effects of PYY3-36 and GLP-1 on energy intake, energy expenditure, and appetite in overweight men. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2014 Jun 1;306(11):E1248-56. doi: 10.1152/ajpendo.00569.2013
12. Sloth B, Holst JJ, Flint A, Gregersen NT, Astrup A. Effects of PYY1-36 and PYY3-36 on appetite, energy intake, energy expenditure, glucose and fat metabolism in obese and lean subjects. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2007 Apr;292(4):E1062-8. doi: 10.1152/ajpendo.00450.2006
13. Song Z, Routh VH. Differential effects of glucose and lactate on glucose sensitive neurons in the ventromedial hypothalamic nucleus. *Diabetes*. 2005 Jan;54(1):15-22. doi: 10.2337/diabetes.54.1.15
14. George SA, Khan S, Briggs H, Abelson JL. CRH-stimulated cortisol release and food intake in healthy, non-obese adults. *Psych neuroendocrinology*. 2010 May;35(4):607-12. doi: 10.1016/j.psyneuen.2009.09.017
15. King NA, Burley VJ, Blundell JE. Exercise-induced suppression of appetite: effects on food intake and implications for energy balance. *Eur J Clin Nutr*. 1994;48:715-24 doi: 10.1016/0195-6663(89)90142-6
16. Schubert MM, Sabapathy S, Leveritt M, Desbrow B. Acute exercise and hormones related to appetite regulation: a meta-analysis. *Sports Med*. 2014 Mar;44(3):387-403. doi: 10.1007/s40279-013-0120-3
17. Henderson GC, Fattor JA, Horning MA, Faghihnia N, Johnson ML, Mau TL, et al. Lipolysis and fatty acid metabolism in men and women during the post exercise recovery period. *J Physiol*. 2007;584:963-81 doi: 10.1113/jphysiol.2007.137331
18. Jones TE, Basilio JL, Brophy PM, McCammon MR, Hickner RC. Long-term exercise training in overweight adolescents improves plasma peptide YY and resistin. *Obesity (Silver Spring)*. 2009;17(6):1189-95. doi: 10.1038/oby.2009.11
19. Prado WL, Balagopal PB, Lofrano-Prado MC, Oyama LM, Tenório TR, Botero JP, et al. Effect of aerobic exercise on hunger feelings and satiety regulating hormones in obese teenage girls. *Pediatr Exerc Sci*. 2014 Nov;26(4):463-9. doi: 10.1123/pes.2013-0200
20. Broom DR, Stensel DJ, Bishop NC, Burns SF, Miyashita M. Exercise-induced suppression of acylated ghrelin in humans. *J Appl Physiol*. 2007;102:2165-71. doi: 10.1152/jappphysiol.00759.2006
21. Mollanoruzy A, Hamedinia MR, Hosseini Kakhk SA, Hesar-E Kushk M. Effect of aerobic exercise on plasma levels of PYY feel full and resting.. *Physiology of Sport (Research on Sport Science): Spring* 2012;4(13):33-46.
22. Leidy HJ, Williams NI. Meal energy content is related to features of meal-related ghrelin profiles across a typical day of eating in non-obese premenopausal women. *Horm Metab Res*. 2006;38:317-22. doi: 10.1055/s-2006-925397
23. Whybrow S, Hughes D, Ritz P, Johnstone A, Horgan GW, King N, et al. ' The effect of an incremental increase in exercise on appetite, eating behaviour and energy balance in lean men and women feeding ad libitum ' *British Journal of Nutrition*. 2008;100(5):1109-15. doi: 10.1017/s0007114508968240
24. Leidy HJ, Dougherty KA, Frye BR, Duke KM, Williams NI. Twenty four-hour ghrelin is elevated after calorie restriction and exercise training in non-obese women. *Obesity (Silver Spring)*. 2007 Feb;15(2):446-55.
25. Karra E, Batterham RL. The role of gut hormones in the regulation of body weight and energy homeostasis. *Mol Cell Endocrinol*. 2010;316(2):120-8. doi: 10.1016/j.mce.2009.06.010
26. Ropelle ER, Fernandes MFA, Flores MBS, Ueno M, Rocco S, Marin R, et al. Central Exercise Action Increases the AMPK and mTOR Response to Leptin. *PLoS One*. 2008 Dec. doi: 10.1371/journal.pone.0003856
27. Moore MS, Dodd CJ, Welsman JR, Armstrong N. Short-term appetite and energy intake following imposed exercise in 9- to 10-year-old girls. *Appetite*. 2004 Oct;43(2):127-34. doi: 10.1016/j.appet.2004.02.008
28. Jones TE, Basilio JL, Brophy PM, McCammon MR, Hickner RC. Long-term exercise training in overweight adolescents improves plasma peptide YY and resistin. *Obesity (Silver Spring)*. 2009 Jun;17(6):1189-95. doi: 10.1038/oby.2009.11
29. Martins C, Kulseng B, King NA, Holst JJ, Blundell JE. The effects of exercise-induced weight loss on appetite-related peptides and motivation to eat. *J Clin Endocrinol Metab*. 2010 Apr;95(4):1609-16.
30. Doucet E, Imbeault P, St-Pierre S, Alméras N, Mauriège P, Richard D, Tremblay A. Appetite after weight loss by energy restriction and a low-fat diet-exercise follow-up. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2000 Jul;24(7):906-14. doi: 10.1038/sj.ijo.0801251