

علوم زیستی ورزشی - بهار ۱۳۹۷
دوره ۱۰، شماره ۱، ص: ۱۴۸ - ۱۳۳
تاریخ دریافت: ۹۶ / ۱۱ / ۱۰
تاریخ پذیرش: ۹۷ / ۰۴ / ۰۴

تأثیر ۸ هفته تمرین هوازی با شدت بالا و مصرف مکمل آرژنین بر تغییرات هورمونی لپتین و پروتئین وابسته به آگوتی پسران نوجوان چاق

توحید مبهوت مقدم^۱ - مهرداد فتحی^{۲*} - سیدرضا عطارزاده حسینی^۲ - امیر رشیدلمیر^۴ - محمد مسافری ضیاءالدینی^۵

۱. دانشجوی دکتری تخصصی بیوشیمی و متابولیسم ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران ۴۰۲. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۳. استادیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران ۵. استاد گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

چکیده

اطلاعات اندکی درباره آثار تمرین هوازی با شدت بالا (HIT) و استفاده از مکمل آرژنین بر هورمون‌های تنظیم‌کننده اشتها، همراه با کنترل تغذیه در نوجوانان چاق وجود دارد. هدف از این تحقیق بررسی تأثیر ۸ هفته تمرین هوازی با شدت بالا و مصرف آرژنین بر تغییرات هورمونی لپتین و پروتئین وابسته به آگوتی پسران نوجوان چاق بود. در شرایط ایزوانژریک ۲۰ نوجوان چاق براساس توان هوازی به دو گروه تمرین HIT و دارونما (۱۰ نفر) و تمرین HIT و مکمل آرژنین (۱۰ نفر) تقسیم شدند. پیش از مداخله پروتکل تمرین و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین سطوح هورمون‌های تنظیم‌کننده اشتها در خون از طریق روش آزمایشگاهی سنجش ایمنی آنزیم‌دار (ELISA) اندازه‌گیری شد. برای بررسی تفاوت‌های درون و بین‌گروهی به ترتیب از تی همبسته و آنکوا استفاده شد. نتایج نشان داد با وجود کاهش معنادار درون‌گروهی و بین‌گروهی در مقادیر وزن و درصد چربی بدن ($P \leq 0.05$)، تغییرات درون و بین‌گروهی مقادیر لپتین و پروتئین وابسته به آگوتی نسبت به مقادیر پایه، در گروه‌های تمرین و دارونما و تمرین به همراه مکمل آرژنین معنادار نبود ($P \geq 0.05$). نتایج نشان داد ۸ هفته مکمل‌دهی آرژنین به همراه تمرین HIT در مقایسه با تمرین HIT به تنهایی به کاهش بیشتری در وزن و چربی نوجوان چاق منجر شد، ولی هیچ‌کدام از دو پروتکل اثری بر هورمون‌های تنظیم‌کننده اشتها نداشت.

واژه‌های کلیدی

آرژنین، تمرین هوازی با شدت بالا، پروتئین وابسته به آگوتی، چاقی، لپتین.

مقدمه

چاقی^۱ یکی از مشکلات اصلی سلامتی مردم در بسیاری از کشورهاست (۱). براساس برآورد سازمان جهانی بهداشت، تقریباً یک میلیارد و سیصد میلیون انسان در سراسر جهان دچار چاقی یا اضافه‌وزن هستند (۲). چاقی کودکان به‌عنوان یکی از جدی‌ترین چالش‌های عمومی در قرن بیست‌ویکم بر رشد جمعیت جهانی اثر می‌گذارد (۳). در سال‌های اخیر، بیشتر مطالعات اپیدمیولوژی در راستای چاقی از شاخص‌های پیکرسنجی و ترکیب بدنی برای ارزیابی توزیع چربی در بدن، شیوع اضافه‌وزن و چاقی استفاده کرده‌اند (۴). به‌دلیل آنکه محرک‌های چاقی پیچیده و چندعاملی‌اند، درک روش‌های مؤثر بر تعادل انرژی برای توسعه سازوکار مؤثر و کارآمد برای جلوگیری و درمان چاقی نوجوانان ضروری است (۵). تنظیم تعادل انرژی شامل فعل و انفعال پیچیده بین سیستم عصبی مرکزی و اندام‌های مختلف است که در هموستاز انرژی^۲ دخیل است (۶). چندین پپتید رهاشده توسط بافت‌های محیطی با نواحی خاصی از مغز تعامل دارند و نورون‌های ترشح‌کننده نروپپتیدهای ضداشتها و اشتها‌آور را رها می‌کنند که در کنترل رفتار تغذیه و الگوی انرژی مصرفی دخیل‌اند (۷). به‌طور کلی سیگنال‌های محیطی ضداشتها و اشتها‌آور را می‌توان به چند دسته اصلی تقسیم کرد: الف) سیگنال‌های کاهنده اشتها، مانند لپتین که در تنظیم بلندمدت تعادل انرژی دخیل بوده و به‌صورت مستقیم در پاسخ به تغییرات تناسب بدن فعال‌اند؛ ب) سیگنال‌های افزایشنده اشتها، مانند پروتئین وابسته به آگوتی^۳ (AGRP) که در کنترل حاد رفتار تغذیه دخیل‌اند (۸،۹). مطالعات اخیر، نظر پژوهشگران را به اثر فعالیت بدنی بر اشتها و هورمون‌های تنظیم‌کننده در چاقی جلب کرده است (۸، ۱۰). در این زمینه، پژوهش‌های بسیاری توصیه کرده‌اند که فعالیت بدنی یک راهبرد غیردارویی قوی برای پیشگیری و مدیریت چاقی و امراض همراه آن است (۱۱). تأثیرات مفید ورزش ممکن است تنها از طریق اثرگذاری بر انرژی مصرفی نباشد؛ بلکه از طریق تنظیم اشتها می‌تواند بر معادله تعادل انرژی تأثیرگذار باشد (۱۲). هورمون‌های کاهش‌دهنده و محرک اشتها مانند لپتین^۴ و پروتئین وابسته به آگوتی به نظر نقش‌های مهمی در تنظیم اشتها بازی می‌کنند (۱۳-۱۵). نتایج ضدونقیض برخی مطالعات در زمینه لپتین به‌عنوان یک نروپپتید ضداشتها نشان می‌دهد که کاهش در سطوح لپتین خون در پاسخ به فعالیت بدنی در کودکان و نوجوانان همراه (۱۸-

-
1. Obesity
 2. Energy Homeostasis
 3. Agouti – related protein (AGRP)
 4. Leptin

۱۶) یا بدون (۱۹) کاهش وزن بوده است. برخی نتایج نیز به آثار غیرمحسوس فعالیت ورزشی بر مقادیر لپتین اشاره داشته‌اند (۲۰-۲۲). به نظر می‌رسد حتی گاهی که ممکن است تغییرات سطوح لپتین در خون محسوس نباشد، فعالیت بدنی منظم با افزایش در اتصال گیرنده‌های لپتین و بیان ژن لپتین تأثیرات بی‌اشتهایی و گرمازایی لپتین را القا کند (۲۳). نتایج مربوط به اثر فعالیت بدنی بر پروتئین وابسته به آگوتی (AGRP) به‌عنوان یک پپتید اشتهاآور که می‌تواند در رفتار تغذیه‌ای، تنظیم وزن و هموستاز انرژی مؤثر باشد، اندک و تا حدی ضدونقیض است (۲۴، ۲۵)، اما بیشتر نتایج حاکی از افزایش آگوتی چه در میزان پلاسمایی و چه بیان ژنی است (۲۵). افزایش شایان توجه پروتئین وابسته به آگوتی نتیجه‌ای است که محققان دیگر نیز آن را مشاهده کرده‌اند. برای نمونه رشید لمیر و قنبری نیکی (۲۰۱۰) نشان دادند که ۸ هفته تمرینات دایره‌ای موجب افزایش معنادار بیان ژن AGRP آزمودنی‌ها می‌شود و به نظر می‌رسد تعادل منفی انرژی از جمله کاهش گلیکوژن کبد یا عضله عامل مؤثر اصلی بر پروتئین وابسته به آگوتی است که خود می‌تواند تحت تأثیر مؤلفه‌های فعالیت بدنی قرار گیرد (۲۶). چندین مطالعه نشان داده‌اند که ورزش هوازی سبب افزایش حاد و قابل تشخیص در انرژی مصرفی در کودکان (۲۷) و نوجوانان (۲۸) مبتلا به چاقی مفرط نشده است. از سوی دیگر، شواهد روزافزون به‌دست‌آمده از مطالعات نشان‌دهنده اثرات خاص آرژنین^۱ بر چاقی است، این در حالی است که مطالعه بالینی در زمینه آثار آرژنین بر چاقی انسان بسیار محدود است (۲۹). مکانیزم عملکردی سطوح فیزیولوژیک آرژنین، موجب تحریک اکسیداسیون گلوکز و اسیدهای چرب با زنجیره بلند^۲ شده و در عین حال سنتز مجدد گلوکز و تری آسید گلیسرولها را کاهش می‌دهد (۳۰). به‌علاوه استفاده از مکمل‌های غذایی آرژنین سبب افزایش لیپولیز می‌شود و از طریق تنظیم بیان و عملکرد آنزیم‌های کلیدی دخیل در پاسخ آنتی-اکسیداتیو و متابولیسم چربی در بافت‌های حساس به انسولین، لیپوژنز^۳ را مهار می‌کند (۳۱). در سال‌های اخیر، مطالعات مختلف نشان داده‌اند که استفاده از مکمل‌های آرژنین در کاهش چاقی و بهبود حساسیت به انسولین در مدل‌های جانوری مختلف و برخی نمونه‌های انسانی مفید واقع شده است، به‌طوری‌که مطالعه ارزیابی سلامت و وضعیت تغذیه‌ای افراد بالغ و کودکان در ایالات متحده، نشان می‌دهد که میانگین دریافت آرژنین برای جمعیت بزرگسال آمریکایی ۴/۴ گرم در روز است که می‌تواند برای کنترل وزن به میزان بالقوه‌ای مؤثر باشد (۳۲). عوامل دخیل در اثرگذاری

-
1. L -Arginine
 2. Long-Chain Fatty Acid(LCFA)
 3. Lipogenesis

آرژنین، مکانیسمی پیچیده در سطوح سلولی-مولکولی و کل بدن است، اما ممکن است شامل تحریک بیوژنز میتوکندری و تکامل بافت چربی قهوه‌ای و نیز تنظیم بیان ژن و مسیرهای متابولیک سلولی باشد. انتظار می‌رود آرژنین در مقابله با اپیدمی چاقی در سراسر جهان نقش مهمی ایفا کند (۳۳). با این حال، نتایج برخی تحقیقات حاکی از آن است که فعالیت بدنی با شدت بالا سبب کاهش شایان توجه در انرژی مصرفی طی ۲۴ ساعت پس از فعالیت در پسران نوجوان چاق شده است (۳۵). از نقاط ممیزه این مطالعه می‌توان به ایزوانرژیک بودن جلسات تمرینی اشاره کرد، تا آزمودنی‌ها حد معینی از کالری را طی هر جلسه از تمرین بسوزانند. این مهم ممکن است از تأثیر انرژی مصرفی متفاوت بین گروه‌ها جلوگیری کند. این روش به‌طور معمول در پژوهش‌هایی به‌کار می‌رود که تلاش دارند تأثیر شدت تمرین را ارزیابی کنند (۳۴). پژوهش‌های پیشین در زمینه چاقی بیشتر بر بزرگسالان معطوف بوده و کمتر تحقیقاتی بر کودکان و نوجوانان توجه داشته است. همچنین محققان مطالعه حاضر، پژوهشی که به بررسی آثار تمرین HIT و تجویز مکمل آرژنین که بتواند به‌طور توأمان هورمون‌های تنظیم‌کننده اشتها مانند لپتین و آگوتی را با چالش مواجه سازد، مشاهده نکردند.

براساس پیشینه بررسی شده، به‌نظر می‌رسد مطالعه اثر ۸ هفته تمرین هوازی با شدت بالا و مصرف آرژنین بر تغییرات هورمونی لپتین و پروتئین وابسته به آگوتی پسران نوجوان چاق اولین مطالعه‌ای است که طیفی از روش‌های مستقل و تلفیقی تغذیه‌ای و تمرین در شرایط ایزوانرژیکی^۱ را با رویکرد اثرگذاری بر هورمون‌های تنظیم‌کننده اشتها در نوجوانان پسر چاق بررسی کرده است.

روش تحقیق

آزمودنی‌ها

ابتدا طی یک فراخوان عمومی در استان خراسان رضوی-شهرستان مشهد، از طریق اطلاعیه و بخشنامه رسمی و برگزاری سمینار مرتبط با پژوهش حاضر، نوجوانان چاق ۱۱ تا ۱۵ ساله به‌طور داوطلبانه به‌همراه والدین دعوت به مشارکت و همکاری شدند. از بین مدعوین نوجوانانی که معیارها و شرایط لازم ورود به پژوهش را داشتند، ۲۰ نوجوان پسر چاق که از نظر شاخص توده بدن همگن بودند، انتخاب شدند، سپس براساس توان هوازی در دو گروه همگن تمرین HIT و دارونما (۱۰ نفر) و گروه تمرین HIT و مکمل آرژنین (۱۰ نفر)، به مدت ۸ هفته مطالعه شدند. همگن بودن وزن آزمودنی‌ها، نداشتن سابقه

1. Isoenergetic Conditions

بیماری‌های خاص مانند بیماری‌های قلبی-عروقی، فشار خون بالا، دیابت ملیتوس و نیز نداشتن اختلالات درکی و هر نوع اختلالی که توانایی فرد را در اجرای پروتکل تحت تأثیر قرار می‌دهد، از معیارهای ورود به پژوهش بود. پس از انتخاب نمونه آماری، تمامی والدین و دانش‌آموزان با هدف و نحوه انجام پژوهش آشنا شدند و درباره نحوه همکاری و مشارکت در پژوهش هماهنگی لازم انجام گرفت. سپس از دانش‌آموز و والدین رضایت‌نامه شرکت در پژوهش دریافت شد و در پی آن مجوزهای لازم از کمیته اخلاق دانشگاه فردوسی مشهد با کد IR.MUM.FUM.REC.1396.11 دریافت شد.

اندازه‌گیری شاخص‌های بدنی

مشخصات تقویمی آزمودنی‌ها با احتساب سال و ماه و روز تولد از طریق شناسنامه استخراج شد و برای سنجش قد و وزن از دستگاه دیجیتالی مدل seca، ساخت آلمان و برای سنجش نمایه توده بدنی (BMI) و درصد چربی از دستگاه ترکیب بدنی (InBody₇₂₀- ساخت کره جنوبی) استفاده شد.

خون‌گیری و اندازه‌گیری متغیرهای بیوشیمیایی

نمونه‌های خون به مقدار ۱۰ سی‌سی از ورید بازویی آزمودنی‌ها در وضعیت نشسته، توسط متخصص آزمایشگاه در ساعت ۸ صبح به‌صورت ناشتا (۱۲ ساعت) و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین در کلینیک گرفته شد. سرم خون توسط سانتریفیوژ جدا شده و تا زمان آنالیز در فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. برای سنجش سطح لپتین از کیت HANGZHOU EASTBIOPHARM با مشخصات Human Leptin(LEP)ELISA Kit کد: CK-E10738 با حساسیت (0/01ng/ml) ساخت چین تحت لیسانس آمریکا، سطح آگوتی از کیت HANGZHOU EASTBIOPHARM با مشخصات Human Agouti Related Protein(AGRP)ELISA Kit کد: CK-E11648 با حساسیت (0/01ng/ml) ساخت چین تحت لیسانس آمریکا، استفاده شد. اندازه‌گیری این متغیرها از طریق روش آزمایشگاهی سنجش ایمنی آنزیم‌دار^۱ (ELISA) براساس دستورالعمل کارخانه سازنده کیت انجام گرفت.

گروه تمرین HIT و مکمل آرژنین

طراحی پروتکل تمرین HIT در درجه اول نیازمند ارزیابی اکسیژن مصرفی اوج (VO_{2peak}) و آستانه تهویه‌ای (VT) آزمودنی‌ها بود. بدین منظور ابتدا VO_{2peak} آزمودنی‌ها با استفاده کالری‌سنجی مستقیم از

1. Enzyme-Linked Immunoassay (ELISA)

طریق دستگاه تحلیل گر گازها^۱ و نوار گردان کاسمد^۲ (ساخت ایتالیا - مدل K4b2) انجام گرفت. میزان بار اولیه برابر با ۳ کیلومتر در ساعت (گرم کردن تا ۳ دقیقه) تنظیم شد و هر دقیقه به مقدار یک کیلومتر بر ساعت افزایش می‌یافت تا فرد به خستگی برسد، شیب نیز به صورت پیوسته برابر با ۱٪ ثابت نگه داشت شد. معیار تمام کردن آزمایش یکی از موارد، خستگی ارادی، مقیاس بورگ و نسبت تبادل گازی بود (۳۶). بیشترین VO_2 به دست آمده پیش از توقف آزمایش به عنوان VO_{2peak} در نظر گرفته می‌شد (۳۷). پیش از هر آزمایش، دستگاه‌ها برای ترکیب گاز و حجم براساس توضیحات تولیدکننده کالیبره می‌شدند. VT به عنوان نقطه‌ای تعیین شد که در آن افزایش سیستماتیک در نسبت تهویه به اکسیژن مصرفی (V_E/VO_2) رخ می‌داد، بدون آنکه افزایشی در نسبت تهویه به دی‌اکسید کربن (V_E/VCO_2) مشاهده شود (۳۸).

پس از ارزیابی VO_{2peak} و VT هر یک از آزمودنی‌ها، پروتکل تمرین HIT بر روی تردمیل (سه بار در هفته) طراحی شد. به گونه‌ای که ملاک سرعت تردمیل در جلسه تمرین براساس سرعتی بود که در آن، آزمودنی به آستانه تهویه‌ای (VT) دست یافته بود (جدول ۱). جلسات فعالیت ایزوانرژیک بود و انرژی مصرفی برای همه آزمودنی‌ها برابر با ۳۵۰ کیلوکالری در هر جلسه تنظیم شده بود که توسط کالری‌سنجی غیرمستقیم ارزیابی شد (۳۴). به منظور تعیین مدت زمان تقریبی جلسه تمرین از معادله زیر استفاده شد:

$$\text{Exercise session time (min)} = 350/(vo_2 \times 496)$$

سرعت و مدت زمان دویدن متناسب با VT و VO_{2peak} به دست آمده از خود آزمودنی بود، با وجود این به منظور اعمال اضافه بار ناشی از بهبود احتمالی عملکرد، VT و VO_{2peak} کلیه آزمودنی‌ها در پایان هفته چهارم مجدداً ارزیابی شد و ملاک تعیین مدت زمان جلسه تمرین و سرعت تردمیل در چهار هفته بعدی تمرین، قرار گرفت.

مصرف مکمل آرژنین (ساخت ایران-شهرک صنعتی یزد-شرکت داروسازی کارن) بعد از صرف صبحانه به مقدار ۸۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز به مدت ۸ هفته با حل کردن قرص و ترکیب با آب آشامیدنی بود (۳۰).

-
1. Gas Analyzer
 2. Cosmed treadmill

جدول ۱. مراحل پروتکل تمرین		
مراحل	عنوان	زمان
مرحله اول	ارزیابی اولیه VO_{2peak} و VT توسط دستگاه تحلیل گر گازها و نوار گردان	هفته قبل از اجرای پروتکل تمرین
مرحله دوم	اجرای پروتکل تمرین: ۳ جلسه در هفته؛ زمان جلسه تمرین براساس معادله تعیین زمان و سرعت تردمیل براساس سرعت رخداد VT آزمودنی در ارزیابی اولیه	۴۸ ساعت پس از ارزیابی اولیه در مرحله اول به مدت ۴ هفته
مرحله سوم	ارزیابی ثانویه VO_{2peak} و VT توسط دستگاه تحلیل گر گازها و نوار گردان	۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه اجرای تمرین در هفته چهارم
مرحله چهارم	اجرای پروتکل تمرین: ۳ جلسه در هفته؛ زمان جلسه تمرین براساس معادله تعیین زمان و سرعت تردمیل براساس سرعت رخداد VT آزمودنی در ارزیابی ثانویه	۴۸ ساعت پس از ارزیابی ثانویه در مرحله سوم به مدت ۴ هفته

گروه تمرین HIT و دارونما

در این گروه نیز برنامه هوازی اختصاصی بر روی تردمیل سه بار در هفته به مدت ۸ هفته با ملاحظات ذیل صورت گرفت. در ابتدا همانند گروه تمرین HIT و مکمل آرژنین، ارزیابی VO_{2peak} و VT با استفاده کالری سنجی مستقیم از طریق دستگاه تحلیل گر گازها و نوار گردان انجام گرفت، سپس سرعتی که در آن، آزمودنی به آستانه تهویه ای دست می یافت، ملاک تعیین سرعت تردمیل برای جلسه تمرینی وی، قرار گرفت (جدول ۱).

جلسات فعالیت به صورت ایزوانرژیک با انرژی مصرفی برابر با ۳۵۰ کیلوکالری تنظیم شده بود، که برآورد آن توسط کالری سنجی غیرمستقیم انجام می گرفت. مدت زمان جلسات با اطمینان از مقدار مصرف انرژی از پیش تعیین شده (۳۵۰ کیلوکالری در هر جلسه) با استفاده از معادله گروه تمرین HIT و مکمل آرژنین محاسبه شد. در پایان هفته چهارم، VT و VO_{2peak} جهت اعمال اضافه بار ناشی از پیشرفت احتمالی عملکرد، مجدداً ارزیابی شد و ملاک تعیین مدت زمان جلسه تمرین و سرعت تردمیل در هفته های باقیمانده از تمرین شد.

دارونما نیز پس از صرف صبحانه به مقدار ۸۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز به مدت ۸ هفته با حل کردن قرص دکستین و ترکیب با آب آشامیدنی مصرف شد.

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیروویلیک استفاده شد. بررسی همگن بودن داده‌ها از طریق آزمون لون صورت پذیرفت. همچنین به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها و مقایسه تغییرات درون گروهی و برون گروهی به ترتیب از آزمون تی همبسته و آنکوا استفاده شد. سطح معناداری تجزیه و تحلیل آماری تحقیق حاضر $P \leq 0/05$ در نظر گرفته شد. همه آزمون‌های آماری با استفاده از نرم افزار spss نسخه ۲۲ انجام گرفت.

نتایج و یافته‌های تحقیق

نتایج حاصل از تغییرات ترکیب بدنی و بیوشیمیایی

نتایج حاصل از شاخص‌های ترکیب بدنی آزمودنی‌ها در جدول ۲ نشان می‌دهد که پس از اجرای پروتکل، مقادیر وزن در گروه تمرین HIT و دارونما ($P=0/011$) و گروه تمرین HIT و مکمل آرژنین ($P=0/000$)، نسبت به مرحله پیش از پروتکل، به طور معناداری کاهش یافته است. همچنین وزن آزمودنی‌ها در گروه تمرین HIT و مکمل آرژنین نسبت به گروه تمرین HIT و دارونما نیز کاهش معناداری را نشان داد ($P=0/000$).

آزمون آماری نشان داد تغییرات شاخص توده بدنی (BMI) پس از اجرای پروتکل، نسبت به مقادیر پیش از شروع پروتکل، در گروه تمرین HIT و دارونما معنادار است ($P=0/017$). در این زمینه تغییرات شاخص توده بدنی پس از پایان دوره فعالیت نسبت به مقادیر پیش از فعالیت در گروه تمرین HIT و مکمل آرژنین نیز کاهش معناداری را نشان داد ($P=0/015$). اما در مقایسه بین گروه تمرین HIT و دارونما با گروه تمرین HIT و مکمل آرژنین تفاوت معناداری مشاهده نشد ($P=0/783$). یافته‌های پژوهش حاضر در جدول ۲ نشان می‌دهد، تغییرات درصد چربی (PBF) در مرحله پیش از پروتکل پژوهش، نسبت به مرحله پس از آن در گروه تمرین HIT و دارونما معنادار است ($P=0/050$). همچنین نتایج آماری، این تغییرات را در گروه تمرین HIT و مکمل آرژنین با کاهشی معنادار معرفی کرده است ($P=0/036$). در مقایسه گروه تمرین HIT و دارونما با گروه تمرین HIT و مکمل آرژنین نیز تفاوت معناداری مشاهده شد ($P=0/047$).

مطابق یافته‌های تحقیق در جدول ۲، مقادیر لپتین در گروه تمرین HIT و دارونما در دو مرحله پیش و پس از پروتکل پژوهشی تفاوت معناداری نداشته است ($P=0/989$). همچنین نتایج پژوهش پس

از پروتکل تحقیق نشان‌دهنده تفاوت غیرمعنادار در گروه تمرین HIT و مکمل آرژنین نسبت به مقادیر پیش از پروتکل پژوهش است ($P=0/269$). این نتایج در عین حال بیانگر تفاوت غیرمعنادار مقادیر لپتین بین گروه تمرین HIT و دارونما با گروه تمرین HIT و مکمل آرژنین است ($P=0/681$).

جدول ۲. متغیرهای بیوشیمیایی و ترکیب بدنی آزمودنی‌ها در پژوهش

متغیر	گروه‌ها	انحراف معیار \pm میانگین				تغییرات	
		پیش از مداخله	پس از مداخله	مقدار t	مقدار P	مقدار F	مقدار P
لپتین (ng/ml)	تمرین HIT+دارونما	۵۲۹/۷۶ \pm ۱۵۶/۶۴	۵۲۹/۳۲ \pm ۱۳۴/۹۶	۰/۰۱	۰/۹۸۹	۰/۱۴۴	۰/۷۱۰
	تمرین HIT+آرژنین	۴۳۷/۵۰ \pm ۵۴/۰۴	۴۵۰/۰۳ \pm ۵۵/۱۴	۱/۱۸	۰/۲۶۹		
آگوتی (ng/ml)	تمرین HIT+دارونما	۱۴۷/۵۲ \pm ۵۲/۰۵	۱۴۶/۸۶ \pm ۵۲/۵۴	۰/۱۳	۰/۹۰۰	۰/۰۳۵	۰/۸۵۴
	تمرین HIT+آرژنین	۱۲۲/۷۰ \pm ۹/۳۴	۱۲۳/۹۲ \pm ۱۲/۹۹	-۰/۴۰	۰/۶۹۳		
وزن (kg)	تمرین HIT+دارونما	۷۱/۸۵ \pm ۱۱/۷۹	۶۹/۱۲ \pm ۱۰/۷۴	۳/۱۷	۰/۰۱۱*	۵/۱۹	۰/۰۱*
	تمرین HIT+آرژنین	۷۶/۸۰ \pm ۵/۹۳	۷۳/۷۲ \pm ۶/۴۷	۸/۵۰	۰/۰۱*		
نمایه توده بدن (kgm ²)	تمرین HIT+دارونما	۲۸/۶۰ \pm ۲/۹۵	۲۷/۲۵ \pm ۲/۰۴	۲/۹۸	۰/۰۱۷*	۰/۲۷۹	۰/۷۸۳
	تمرین HIT+آرژنین	۳۰/۰۲ \pm ۱/۷۷	۲۸/۵۶ \pm ۱/۲	۹/۶۴	۰/۰۱*		
چربی بدن (Percent)	تمرین HIT+دارونما	۴۲/۳۷ \pm ۴/۸۹	۴۰/۳۹ \pm ۳/۷۵	۲/۲۵	۰/۰۵۰*	۰/۵۷۷	۰/۰۴۷*
	تمرین HIT+آرژنین	۴۱/۶۱ \pm ۵/۵۹	۳۶/۸۰ \pm ۲/۰۶	۲/۴۵	۰/۰۳۶*		

Note. BMI= Body Mass Index; HIT= High Intensity Training; PBF= Percent Body Fat

نتایج بررسی آماری مربوط به پروتئین وابسته به آگوتی (AGRP) در جدول ۲ نشان می‌دهد که بعد از پروتکل پژوهشی مقادیر آگوتی در گروه تمرین HIT و دارونما ($P=0/900$) و گروه تمرین HIT و مکمل آرژنین ($P=0/693$)، نسبت به مرحله پیش از پروتکل، اثر معناداری از خود به‌جای نگذاشته‌اند. یافته‌های تغییرات آگوتی در بررسی بین‌گروهی نیز نشان از تفاوت غیرمعنادار تغییرات آگوتی در گروه تمرین HIT و مکمل آرژنین نسبت به گروه تمرین HIT و دارونما دارد ($P=0/742$).

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به مطالعات انجام‌گرفته در زمینه چالش‌های چاقی در کودکان و نوجوانان، هدف این مطالعه، بررسی اثر ۸ هفته تمرین هوازی با شدت بالا و مصرف آرژنین بر تغییرات هورمونی لپتین و پروتئین

وابسته به آگوتی پسران نوجوان چاق بود. این احتمال وجود دارد که پژوهش حاضر اولین مطالعه‌ای باشد که طیفی از روش‌های مستقل و تلفیقی تغذیه‌ای و تمرین در شرایط ایزوانرژیک را با رویکرد اثرگذاری بر هورمون‌های تنظیم‌کننده اشتها در نوجوانان پسر چاق بررسی می‌کند. در این مطالعه میزان اثربخشی روش تمرین HIT در شرایط ایزوانرژیک و مکمل آرژنین به صورت مستقل و تلفیقی بر هورمون‌های تنظیم‌کننده اشتها مانند لپتین و پروتئین وابسته به آگوتی مشخص شد. این مطالعه نشان داد سطوح لپتین و پروتئین وابسته به آگوتی پس از پروتکل تحقیق، نسبت به مقادیر پیش از شروع پروتکل در هر دو گروه تمرین HIT و مکمل آرژنین و گروه تمرین HIT و دارونما معنادار نیست. در این زمینه بررسی بین‌گروهی نیز نشان از تفاوت غیرمعنادار تغییرات سطوح لپتین و پروتئین وابسته به آگوتی در گروه تمرین HIT و مکمل آرژنین نسبت به گروه تمرین HIT و دارونما دارد (جدول ۲).

در پژوهش حاضر، تأثیرات حاصل از اعمال پروتکل تمرینی HIT و مکمل آرژنین به صورت خاص و ترکیبی در شرایط تمرینی ایزوانرژیک بر شاخص‌های بدنی همچون وزن، نمایه توده بدنی و درصد چربی پس از پروتکل تحقیق نسبت به مقادیر پیش از شروع پروتکل در هر دو گروه تمرین HIT و مکمل آرژنین و گروه تمرین HIT و دارونما معنادار بود. همچنین بررسی بین‌گروهی نشان از تفاوت معنادار تغییرات وزن و درصد چربی در گروه تمرین HIT با مکمل آرژنین نسبت به گروه تمرین HIT و دارونما دارد، درحالی‌که تغییرات شاخص توده بدنی در مقایسه بین دو گروه معنادار نبود (جدول ۲).

در بررسی مطالعات صورت‌گرفته، اثر فعالیت ورزشی بر سیگنال‌های سیری در کودکان و نوجوانان چاق هنوز به خوبی شناخته نشده، این مهم تا حدی به دلیل محدودیت‌های روش‌شناختی برای بررسی این مسئله است (۳۵). در مطالعه حاضر مشاهده شد که در پی ۸ هفته تمرین HIT در شرایط ایزوانرژیک مقادیر لپتین در گروه تمرین HIT و دارونما و گروه تمرین HIT و مکمل آرژنین و همچنین مقایسه نسبت مقادیر بین هر دو گروه معنادار نبوده است. توجه داشته باشیم که لپتین در دسته‌بندی سیگنال‌های محیطی به عنوان سیگنال کاهنده اشتها، شناخته می‌شود که در تنظیم بلندمدت تعادل انرژی دخیل بوده و به صورت مستقیم در پاسخ به تغییرات بدن فعال است (۳۹). با بررسی مطالعات صورت‌گرفته تنها به یک تحقیق (۳۴) در راستای اعمال پروتکل تمرین HIT بر تغییرات مقادیر لپتین نوجوانان چاق دست یافتیم که نشان داد پس از ۱۲ هفته به‌کارگیری تمرین با شدت بالا، مقادیر لپتین در نوجوانان چاق کاهش می‌یابد. اما در سایر مطالعات نتایج اثرگذاری پروتکل‌های تمرینی بر مقادیر لپتین ضدونقیض است (۱۹-۱۶). به‌کارگیری تنوعی از پروتکل‌های تمرین، همچون تمرینات درازمدت

هوازی در برخی پژوهش‌ها، نشان از آثار غیرمحسوس فعالیت ورزشی بر مقادیر لپتین دارد که همسو با نتایج تحقیق حاضر است (۲۲-۲۰). تمرین با ایجاد تغییرات متابولیک از طریق بر هم زدن شارژ انرژی سلولی تقاضای سوخت سلول را در جهت تأمین انرژی مورد نظر برای ادامه حیات سلول افزایش می‌دهد. استرس فیزیولوژیک حاصل از فعالیت ورزشی تنظیم‌کننده بالقوه ترشح لپتین است. تغییرات همراه با جریان مواد سوختی، غلظت‌های هورمونی گردش خون و هزینه انرژی ممکن است غلظت لپتین را تحت تأثیر قرار دهد (۴۰). با آنکه انتظار می‌رود فعالیت بدنی منظم با افزایش در اتصال گیرنده‌های لپتین و بیان ژن لپتین، بتواند اثرات بی‌اشتهایی و گرم‌زایی لپتین را القا کند، گاهی این آثار تغییرات سطوح لپتین در خون را به‌همراه ندارد (۲۳). در تحقیق حاضر در پی ۸ هفته تمرین HIT در شرایط ایزوانرژیک مقادیر AGRP در گروه تمرین HIT و دارونما، گروه تمرین HIT و مکمل آرژنین و مقایسه مقادیر بین هر دو گروه معنادار نبود. همسو با مطالعه حاضر لوین^۱ و همکاران اثر تمرین و محدودیت مصرف کالری بر چاقی، تنظیم وزن و تظاهر نروپپتیدهای هیپوتالاموسی و آگوتی در موش‌های چاق را بررسی کردند. نتایج مطالعات آنان نشان داد که تمرین سبب کاهش معنادار وزن بدن می‌شود، ولی اثر معناداری بر AGRP ندارد (۲۴). هرچند نتایج مربوط به اثر فعالیت بدنی بر روی آگوتی اندک و تا حدی ضدونقیض است (۲۵،۲۴)، سوگیری کلی نتایج حاکی از افزایش آگوتی چه در میزان پلاسمایی و چه بیان ژنی است (۲۵). AGRP در دسته‌بندی سیگنال‌های محیطی به‌عنوان سیگنال فزاینده اشتها، معرفی می‌شود (۳۹) و تعادل منفی انرژی، عامل مؤثر اصلی بر AGRP است که خود می‌تواند متأثر از فعالیت بدنی باشد (۲۶). از آنجا که تعادل منفی انرژی برای تحریک اشتها و افزایش جذب غذا می‌تواند به شدت، مدت، چگونگی تمرین، مقدار اولیه منابع سوختی و وضعیت‌های تغذیه‌ای وابسته باشد (۲۵،۲۶) تا به افزایش تعادل منفی انرژی و مقادیر پپتیدهای پروتئین وابسته به آگوتی منجر شود (۴۳-۴۱)، در مطالعه حاضر به‌نظر می‌رسد با توجه به ایزوانرژیک بودن رژیم تغذیه‌ای آزمودنی‌ها، فرصت تأمین انرژی مازاد حاصل از افزایش اشتها در پی تمرین محدود شده باشد. در نتیجه احتمال بروز آثار حاصل از تعادل انرژی منفی و تغییرات محسوس مقادیر AGRP کاهش می‌یابد.

در بیشتر مطالعات صورت‌گرفته با یا بدون مصرف مکمل که در آن از پروتکل‌های تمرینی درازمدت با ماهیت هوازی استفاده شده، تغییرات ویژگی بدنی آزمودنی‌ها ملموس بوده است (۳۳،۳۴). برای نمونه مطالعه اخیر واگنر نشان داد که در پی مداخله ۱۲ هفته تمرین با شدت بالا و شدت کم در ویژگی‌های

بدنی ۳۶ نوجوان دختر و پسر چاق، همچون مقادیر وزن بدن، شاخص توده بدنی و توده چربی پس از پروتکل تحقیق نسبت به مقادیر پیش از شروع پروتکل، کاهش چشمگیری داشته است، به طوری که این کاهش در گروه تمرین با شدت بالا محسوس تر بود (۳۴). در گزارش مطالعه بالینی دیگر در زمینه تأثیرات خاص آرژنین بر روی چاقی، یک مطالعه تصادفی ۲۱ روزه با اعمال آرژنین و دارونما در ۳۳ نمونه انسانی مبتلا به چاقی مفرط (میانگین شاخص توده‌ای بدن = $0.5 \pm 39/1$ کیلوگرم/مترمربع) به همراه رژیم کم‌کالری (۱۰۰۰ کالری در روز) و برنامه ورزشی منظم (۴۵ دقیقه، دو بار در روز، ۵ روز در هفته) و دریافت ۸/۳ گرم آرژنین در روز (حدود ۸۰ میلی‌گرم/کیلوگرم وزن بدن در روز) و دارونما، صورت پذیرفت. در این پژوهش که نمونه‌ها به صورت تصادفی به دو گروه تمرین و آرژنین و گروه تمرین و دارونما تقسیم شدند، شاخص‌های بدنی مانند وزن بدن، شاخص توده بدنی و توده چربی به شکل معناداری با اتمام پروتکل تحقیق نسبت به مقادیر اولیه بهبود یافته بود. شایان ذکر است این تغییرات در گروه آرژنین بیشتر از گروه دارونما بود (۳۳).

هرچند مطالعات صورت گرفته مؤید این مطلب است که فشار فیزیولوژیک ناشی از فعالیت ورزشی، به ویژه فعالیت‌های درازمدت می‌تواند از طریق آثار هورمون‌های متابولیسمی تغییرات توده چربی و ویژگی‌های بدنی افراد چاق را تحت تأثیر قرار دهد (۸،۳۳،۳۴). نتایج مطالعه حاضر بیانگر نقش چشمگیر مکمل ال آرژنین در تغییر شاخص‌های ترکیب بدنی آزمودنی‌های چاق در گروه تمرین HIT با دارونما و مکمل یاری ال آرژنین است (جدول ۲). با بررسی مکانیسم اثرگذاری ال آرژنین درمی‌یابیم، اثر NO تولیدشده به وسیله آرژنین بر بافت‌های چربی بسیار پیچیده است. مطالعات نشان می‌دهد مهار رهایش NO در بافت چربی موجب افزایش لیپولیز می‌شود که این مهم در سازوکار عمل آرژنین تناقض ایجاد می‌کند. از سوی دیگر، NO می‌تواند برداشت گلوکز در بافت چربی را کنترل کند (۳۰). همچنین کاربرد مکمل‌های غذایی آرژنین افزایش لیپولیز را سبب می‌شود و مهار لیپوژنز را نیز از طریق تنظیم بیان و عملکرد آنزیم‌های کلیدی دخیل در پاسخ آنتی-اکسیداتیو و متابولیسم چربی در بافت‌های حساس به انسولین، عملی می‌کند (۲۷،۳۰). عوامل دخیل در نقش آفرینی مکمل آرژنین به عنوان یک عامل کاهش چاقی، احتمالاً یک مکانیسم پیچیده در سطوح سلولی-مولکولی و کل بدن است، به طوری که تحریک بیوژنز میتوکندری و تنظیم بیان ژن و مسیرهای متابولیک سلولی از طریق آرژنین دور از انتظار نیست. از این رو به نظر می‌رسد استفاده از مکمل آرژنین برای نمونه‌های چاق سبب ترغیب کاهش چربی می‌شود و از کاهش توده خالص بدن نیز طی فرایند کاهش وزن پیشگیری می‌کند (۳۳).

با توجه به نتایج مطالعه حاضر، در مجموع به نظر می‌رسد انجام تمرین HIT و مصرف مکمل ال آرژنین بتواند با افزایش لیپولیز و مهار لیپوژنز توسط تنظیم بیان و عملکرد آنزیم‌های کلیدی دخیل در پاسخ آنتی-اکسیداتیو و متابولیسم چربی در بافت‌های حساس به انسولین، مؤثر باشد و در نتیجه روشی کارآمد در مقابله با چاقی نوجوانان تلقی شود. اما به دلیل عدم تأثیر چشمگیر این مداخله‌ها بر مقادیر هورمونی لپتین و پروتئین وابسته به آگوتی پسران نوجوان چاق می‌توان نتیجه گرفت که مطالعه حاضر محدودیت‌هایی دارد که باید در نظر گرفته شوند. برای مثال، اندازه کوچک نمونه یکی از محدودیت‌های این مطالعه است، اما گروه‌ها نسبتاً همگن بود و طراحی اجرا نیز به شکل تصادفی صورت پذیرفت که به تجزیه و تحلیل داده‌ها قدرت بیشتری می‌بخشد. از آنجا که ما نمی‌توانستیم یک گروه کنترل (بدون تمرین) را در مطالعه جای دهیم، از یک مداخله چندگانه (تغذیه‌ای و تمرینی) استفاده کردیم. تعیین اثر مستقل ورزش به تنهایی قابل اندازه‌گیری نیست، به طوری که وضعیت بلوغ آزمودنی‌ها در یک گستره سنی، نوع جنسیت و مهم‌تر از همه ایزوانرژیک بودن و پروتکل تمرینی خاص HIT، از مهم‌ترین تفاوت و محدودیت‌های تکنیکی مورد استفاده در این مطالعه نسبت به سایر تحقیقات اندک در این زمینه است. به دلیل این محدودیت‌ها و تفاوت‌ها، تفسیر داده‌های حاصل از این پژوهش به‌ویژه در شاخص‌های لپتین و آگوتی باید با احتیاط صورت گیرد. به نظر می‌رسد مطالعات بیشتر در این زمینه، نیاز به افزودن یک گروه کنترل و حذف محدودیت‌هایی مانند تکرار و تنوع پروتکل تمرین، جنسیت و تعداد آزمودنی‌ها، دارد تا بتواند اثر مستقل و ترکیبی پروتکل‌های تمرین و تغذیه‌ای را با ایجاد تعادل انرژی منفی در نوجوانان چاق فراهم سازد و به آنان در مبارزه با چالش چاقی یاری رساند.

منابع و مآخذ

1. WHO. 2014. Global strategy on diet, physical activity, and health: childhood overweight and obesity. <http://www.who.int/dietphysicalactivity/childhood/en/>. [Accessed 20 November 2014.]
2. Mirzaeian S, Fakhari M, Hosseini R, Hassanzadeh A, Esmailzadeh A. Association between duration of breastfeeding and subsequent overweight and obesity in female adolescents. *Iranian J Nutrition Sci & Food Technology* 2011; 6(2): 65-74 .
3. Azab, S.F.; Saleh, S.H.; Elsaed, W.F.; Elshafie, M.A.; Sherief, L.M.; Esh, A.M. Serum trace elements in obese Egyptian children: A case-control study. *Ital. J. Pediatr.* 2014, 40, 20. [CrossRef] [PubMed]

4. Mushtaq MU, Gull S, Abdullah HM, Shahid U, Shad MA, Akram J. Waist circumference, waist-hip ratio and waist-height ratio percentiles and central obesity among Pakistani children aged five to twelve years. *BMC Pediatr.* 2011; 11: 105.
5. Han, J.C., Lawlor, D.A., and Kimm, S.Y.S. 2010. Childhood obesity. *Lancet*, 375(9727): 1737–1748. doi:10.1016/S0140-6736(10)60171-7. PMID:20451244.
6. Woods SC, D'Alessio DA. Central control of body weight and appetite. *J Clin Endocrinol Metab.* 2008; 93:S37–S50. PubMed doi:10.1210/jc.2008-1630.
7. Schwarz NA, Rigby BR, Bounty PL, Shelmadine B, Bourden RG. A review of weight control strategies and their effects on the regulation of hormonal balance. *J Nutr Metab.* 2011; 2011:2–15. doi:10.1155/2011/237932.
8. Wagner LP, Mara CL, Thiago Ricardo ST, Babu B, Lila MO, Joao PB, James OH. Effect of Aerobic Exercise on Hunger Feelings and Satiety Regulating Hormones in Obese Teenage Girls. *Pediatric Exercise Science*, 2014, 26, 463-469. doi:10.1123/2013/0200© 2014 Human Kinetics, Inc.
9. Varela L, Horvath TL. Leptin and insulin pathways in POMC and AgRP neurons that modulate energy balance and glucose homeostasis. *EMBO Rep.* 2012, (12) 13:1079-1086.
10. Russel RR, Willis KS, Ravussin E, Larson-Meyer ED. Effects of endurance running and dietary fat on circulating ghrelin and peptide YY. *J Sports Sci Med* 2009; 8:574–583. PubMed.
11. Council on Sports Medicine and Fitness and Council on School Health (CSMFCSH). Active healthy living: prevention of childhood obesity through increased physical activity. *Pediatrics.* 2006; 117(5):1834–1842. PubMed doi:10.1542/peds.2006-0472.
12. Martins C, Morgan L, Truby H. A review of the effects of exercise on appetite regulation: an obesity perspective. *Int J Obes.* 2008; 32(9):1337–1347. PubMed doi:10.1038/ijo.2008.98.
13. Silva A, Bloom SR. Gut Hormones and Appetite Control: A Focus on PYY and GLP-1 as Therapeutic Targets in Obesity. *Gut Liver.* 2012; 6(1):10–20. PubMed doi:10.5009/gnl.2012.6.1.10.
14. Konturek PC, Konturek JW, Czesnikiewicz-Guzik M, Brzozowski T, Sito E, Konturek SJ. Neuro-hormonal control of food intake: basic mechanisms and clinical implications. *J Physiol Pharmacol.* 2005; 56(6):5–25. PubMed.
15. Varela L, Horvath TL. Leptin and insulin pathways in POMC and AgRP neurons that modulate energy balance and glucose homeostasis. *EMBO Rep* 2012;13(12):1079-86.
16. Gutin B, Ramsey L, Barbeau P, et al. Plasma leptin concentrations in obese children: changes during 4-mo periods with and without physical training 1–3. *Am J Clin Nutr.* 1999; 69:388–394. PubMed.
17. Prado WL, Oyama LM, Lofrano-Prado MC. Alterations in Downstream Mediators Involved in Central Control of Eating Behavior in Obese Adolescents Submitted to a Multidisciplinary Therapy. *J Adolesc Health.* 2011; 49:300–305. PubMed doi:10.1016/j.jadohealth.2010.12.016.

18. Reinehr T, Sousa G, Roth CL. Obestatin and ghrelin levels in obese children and adolescents before and after reduction of overweigh. *Clin Endocrinol (Oxf)*. 2008; 68:304–310. PubMed.
19. Angelopoulos N, Goula A, Tolis G. Current knowledge in the neurophysiologic modulation of obesity. *Metabolism: Clinical and Experimental* 2005; 54: 1202-17.
20. Lau PWC, Kong Z, Choi C, et al. Effects of short-term resistance training on serum leptin levels in obese adolescents. *J Exerc Sci Fit*. 2010; 8(1):54–60. doi:10.1016/S1728-869X(10)60008-1.
21. 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; 43(2):127–134. PubMed doi:10.1016/j.appet.2004.02.008.
22. Terry EJ, 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; 17:1189–1195. PubMed.
23. Patterson CM, Bouret SG, Dunn-Meynell AA, Levin BE. Three weeks of postweaning exercise in DIO rats produces prolonged increases in central leptin sensitivity and signaling. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2009; 296(3):R537–R48. PubMed doi:10.1152/ajpregu.90859.2008.
24. Letizia C, Petramala L, Di Gioia CRT, et al. Leptin and adiponectin mRNA expression from the adipose tissue surrounding the adrenal neoplasia. *J Clin Endocrinol Metab*. 2014;100(1):E101-E4.
25. Katzmarzyk PT, Malina RM, Bouchard C. Physical activity, physical fitness, and coronary heart disease risk factors in youth: the Quebec Family Study. *Prev Med*. 1999;29(6):555-62.
26. Rashidlamir A, Ghanbari-niaki A. Effect of 8-week circuit training on lymphocyte AGRP gene expression in well-trained wrestlers. *Daneshvar Med* 2010;17(89):62-77.
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; 43:127–134. PubMed doi:10.1016/j.appet.2004.02.008.
28. Dodd CJ, Welsman JR, Armstrong N. Energy intake and appetite following exercise in lean and overweight girls. *Appetite*. 2008; 51:482–488. PubMed doi:10.1016/j.appet.2008.03.009.
29. Lucotti P, Setola E, Monti LD et al. Beneficial effects of a long-term oral L -arginine added to a hypocaloric diet and exercise training program in obese, insulin-resistant 2 diabetic patients. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2006; 291:E906–E912.
30. Jobgen W, Meininger CJ, Jobgen SC et al. Dietary L-arginine supplementation reduces white fat gain and enhances skeletal muscle and brown fat masses in diet induced obese rats. *J Nutr* 2009a; 139:230–237.
31. Jobgen W, Fu WJ, Gao H, Li P et al. High fat feeding and dietary L -arginine supplementation differentially regulate gene expression in rat white adipose tissue. *Amino Acids*. 2009b; 37:187–198.

32. King DE, Mainous AG, Geesey ME (2008) Variation in L -arginine intake follow demographics and lifestyle factors that may impact cardiovascular disease risk. *Nutr Res* 28:21–24
33. Jason R, McKnight M, Carey S, Wenjuan S, Jobgen S, Thomas E, Cynthia J, Catherine J, Guoyao W. Beneficial effects of L -arginine on reducing obesity: potential mechanisms and important implications for human health. *Amino Acids*, 2010; 39:349–357 DOI 10.1007/s00726-010-0598-z.
34. Prado WL, Lofrano MC, Cardel M, Balagopal P, Oyama LM, Gomes PP, Andrade M, Freitas C RM, Hill JO. Effect of a 12-Week Low vs. High Intensity Aerobic Exercise Training on Appetite-Regulating Hormones in Obese Adolescents: A Randomized Exercise Intervention Study. *Pediatric Exercise Science*, 2015; 27, 510-517. doi:10.1123/pes.2015-0018. Human Kinetics, Inc.
35. Thivel D, Isacco L, Montaurier C, Boirie Y, Duché P, Morio B. The 24-h energy intake of obese adolescents is spontaneously reduced after intensive exercise: a randomized controlled trial in calorimetric chambers. *PLoS ONE*. 2012; 7:e29840. PubMed doi:10.1371/journal.pone.0029840.
36. Howley ET, Bassett, Jr. DR, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc*. 1995; 27(9):1292–01. PubMed doi:10.1249/00005768-199509000-00009.
37. Day JR, Rossiter HB, Coats EM, Skasick A, Whipp BJ. The maximally attainable VO₂ during exercise in humans: the peak vs. maximum issue. *J Appl Physiol*. 2003; 95(5): 1901-1907. PubMed doi:10.1152/jappphysiol.00024.2003.
38. WASSERMAN. K. Determinants and detection of anaerobic threshold and consequences of exercise above it. *Circulation*. 1949; 76(6):29–39.
39. Jaak Jurimae, Toiv Jurimae. Ghrelin Responses to Acute Exercise and Training. *Endocrinology of Physical Activity and Sport Contemporary Endocrinology* 2013; 207-19.
40. Hulver MW, Zheng D, Tanner CJ, Houmard JA, Kraus WE, Slentz CA, et al. Adiponectin is not altered with exercise training despite enhanced insulin action. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2002; 283: 861-65.
41. Krashes MJ, Shah BP, Koda S, et al. Rapid versus delayed stimulation of feeding by the endogenously released AgRP neuron mediators GABA, NPY, and AgRP. *Cell Metab*. 2013;18(4):588-95.
42. Horowitz JF. Fatty acid mobilization from adipose tissue during exercise. *Trends Endocrinol Metab*. 2003;14(8):386-92.
43. Bailey DP, Smith LR, Christmas BC, Taylor L, Stensel DJ, Deighton K, et al. Appetite and gut hormone responses to moderate-intensity continuous exercise versus high-intensity interval exercise, in normoxic and hypoxic conditions. *Appetite* 2015; 89: 237-45.

The Effect of 8 Weeks of High Intensity Aerobic Training and Arginine Supplementation on Hormonal Changes in Leptin and Agouti-Related Protein (AGRP) in Obese Adolescent Boys

Tohid Mabhut Moghadam¹ - Mehrdad Fathi^{2*} - Sayed Reza Attarzadeh Hosseini³ - Amir Rashid Lamir⁴ - Mohammad Mosaferi Ziaaldini⁵

1. Ph.D. Student of Biochemistry and Sport Metabolism, Department of Exercise Physiology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2,4. Associate Professor, Department of Exercise Physiology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
3. Professor, Department of Exercise Physiology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
5. Assistant Professor, Department of Exercise Physiology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
(Received: 2018/1/30; Accepted: 2018/6/25)

Abstract

Little information is available about the effects of high intensity aerobic training (HIT) and arginine supplementation on appetite regulating hormones along with nutritional control in obese adolescents. The aim of this study was to investigate the effect of 8 weeks of high intensity aerobic training and arginine supplementation on hormonal changes in leptin and agouti-related protein (AGRP) in obese adolescent boys. In isoenergetic conditions, 20 obese adolescents were divided into two groups based on their aerobic power: 1) HIT and placebo ($n=10$) and HIT and arginine supplementation ($n=10$). Before intervention of exercise protocol and 48 hours after the last training session, levels of appetite regulating hormones in blood were measured by Enzyme-Linked Immunoassay (ELISA) method. Paired sample t test and ANCOVA were used to analyze the intra-group and intergroup differences respectively. The results showed that despite a significant intra-group and intergroup reduction in body weight and body fat present ($P \leq 0.05$), the intra-group and intergroup changes of leptin and AGRP were not significant compared with the baseline in HIT and placebo as well as HIT and arginine supplementation groups ($P \geq 0.05$). 8 weeks of arginine supplementation and HIT reduced body weight and body fat percent in obese adolescents more than HIT alone, but none of these protocols affected appetite regulatory hormones.

Keywords

Agouti-related protein, arginine, high intensity aerobic training, leptin, obesity.

* Corresponding Author: Email: dr.mfathei@gmail.com , Tel: +98915270085