

Original article

Effects of High-intensity Interval Training Versus Moderate-intensity Continuous Aerobic Training during a Ketogenic Diet on Appetite, Appetite Hormones, and Body Composition in Overweight and Obese Females

Homeyra Sheykhamini¹Kazem Khodaei^{2*}

1. Department of Sport Physiology and Corrective exercises, Faculty of Sport Sciences, Urmia University, Urmia, Iran
2. Assistant Professor of Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences, Urmia University, Urmia, Iran

*Corresponding author: Kazem Khodaei,
Faculty of Sport Sciences, Urmia University,
Urmia, Iran

Email: k.khodaei@urmia.ac.ir

Received: 06 October 2023

Accepted: 08 November 2023

ABSTRACT

Introduction and purpose: Exercise and diet are two major interventions that control obesity. The present study aimed to investigate the effect of high-intensity interval training during the ketogenic diet (HIIT-KD) and moderate-intensity continuous aerobic training during the ketogenic diet (MICT-KD) on the appetite, appetite hormones, and body composition in overweight and obese females.

Methods: In this semi-experimental research, 36 overweight or obese inactive women participated in this study and were randomly divided into three groups, including ketogenic diet (KD), MICT-KD, and HIIT-KD. The training groups exercised six weeks and three sessions per week interval running with 85-95 % HRmax or continuous running with 60-70 % HRmax along with following KD. Fasting blood sampling was performed before and after the intervention to measure hormones. Body composition was measured by the electrical bioimpedance method, and appetite was measured by visual analog scale. The mixed two-way ANOVA test, Bonferroni's test, and paired t-test were used for statistical analysis.

Results: No significant differences were observed in the serum level of leptin, acylated ghrelin, and leptin to ghrelin ratio between the three groups ($P>0.05$). The feeling of hunger, satiety, and fullness did not differ significantly between the three groups ($P>0.05$). The Prospective food consumption in the MICT-KD group showed a significant decrease compared to other groups ($P=0.001$). There was no significant difference in body weight, body fat percent, body water, and muscle volume between the groups ($P>0.05$).

Conclusion: There were no differences between the two types of exercise during a ketogenic diet on appetite hormones and body composition in overweight or obese women. Furthermore, both types of exercise during a ketogenic diet had no superiority over the ketogenic diet alone. Prospective food consumption was reduced in the MICT-KD group compared to the other two groups.

Keywords: Aerobic exercise, Body composition, Ghrelin, Ketogenic diet, Leptin, Obesity

► **Citation:** Sheykhamini H, Khodaei K. Effects of High-intensity Interval Training versus Moderate-intensity Continuous Aerobic Training during a Ketogenic Diet on Appetite, Appetite Hormones, and Body Composition in Overweight and Obese Females. Journal of Health Research in Community. Winter 2023;9(4): 80-94.

مقاله پژوهشی

تأثیر تمرین اینتروال شدید در مقایسه با تمرین هوازی با شدت متوسط طی یک دوره رژیم غذایی کتوژنیک بر اشتها، هورمون های اشتها و ترکیب بدنی زنان دارای اضافه وزن و چاق

چکیده

حمیرا شیخ امینی^۱
کاظم خدائی^{۲*}

مقدمه و هدف: ورزش و رژیم غذایی دو مداخله اصلی برای کنترل چاقی هستند. هدف مطالعه حاضر بررسی تأثیر تمرین اینتروال شدید طی رژیم کتوژنیک (HIIT-KD) و تمرین هوازی مداوم با شدت متوسط طی رژیم کتوژنیک (MICT-KD) بر اشتها و هورمون های اشتها و ترکیب بدنی زنان دارای اضافه وزن و چاق بود.

روش کار: پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی است. ۳۶ زن غیرفعال دارای اضافه وزن یا چاق در مطالعه شرکت کردند و به طور تصادفی، به سه گروه رژیم غذایی کتوژنیک (MICT-KD)، (HIIT-KD و KD) تقسیم شدند. گروه های تمرینی به مدت شش هفته و هر هفته، سه جلسه تمرین دوییدن به صورت اینتروال با شدت ۸۵ تا ۹۵ درصد ضربان قلب بیشینه و مداوم با شدت ۶۰ تا ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه همراه با پیروی از رژیم کتوژنیک انجام دادند. برای اندازه گیری هورمون ها، خون گیری ناشتا در قبل و بعد از مداخله انجام شد. ترکیب بدنی با روش بیواپیدنس الکتریکی و اشتها با مقیاس آنالوگ بصری اندازه گیری شد. از آزمون ANOVA دوره ای ترکیبی به همراه آزمون تعقیبی بونفرونی برای آنالیز آماری استفاده شد.

یافته ها: در سطح سرمی لپتین، گرلین آسید دار، نسبت لپتین به گرلین بین سه گروه تفاوت معنی داری مشاهده نشد ($P < 0/05$). احساس گرسنگی، سیری و میزان سیری بین سه گروه تفاوت معنی داری نداشت ($P < 0/05$). تمایل به خوردن غذا در گروه MICT-KD نسبت به دیگر گروه ها کاهش معنی داری نشان داد ($P = 0/01$). وزن بدن، درصد چربی بدن، آب بدن و حجم عضلات بین گروه ها تفاوت معنی داری نداشت ($P < 0/05$).

نتیجه گیری: بین دو نوع تمرین طی رژیم کتوژنیک، تفاوتی در هورمون های اشتها و ترکیب بدنی در زنان دارای اضافه وزن یا چاق وجود نداشت. همچنین، هر دو نوع تمرین طی رژیم کتوژنیک هیچ گونه برتری نسبت به رژیم کتوژنیک به تنهایی نداشتند. تمایل به خوردن در گروه MICT-KD نسبت به دو گروه دیگر کاهش یافته بود.

کلمات کلیدی: رژیم غذایی کتوژنیک، ورزش هوازی، گرلین، لپتین، چاقی، ترکیب بدنی

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۲. استادیار فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

* نویسنده مسئول: کاظم خدائی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

Email: k.khodaei@urmia.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۱۷

◀ **استناد:** شیخ امینی، حمیرا؛ خدائی، کاظم. تأثیر تمرین اینتروال شدید در مقایسه با تمرین هوازی با شدت متوسط طی یک دوره رژیم غذایی کتوژنیک بر اشتها، هورمون های اشتها و ترکیب بدنی زنان دارای اضافه وزن و چاق. مجله تحقیقات سلامت در جامعه، زمستان ۱۴۰۲؛ ۹(۴): ۸۰-۹۴.

مقدمه

چاقی نتیجه بی تعادلی بین انرژی دریافتی و انرژی مصرفی است و به طور عمده، در حال افزایش است [۱]. فرض بر این است

که التهاب مزمن درجه‌ی پایین مرتبط با چاقی چربی اضافی با عوارض جانبی نامطلوب قلبی و متابولیکی همراه است [۲]. شناخت نقش هورمون‌های اشتها در چاقی که در سال‌های اخیر، به آن توجه شده است، حائز اهمیت است [۳، ۴]. لپتین هورمونی مشتق شده از بافت چربی است که غلظت آن با توجه به اندازه‌ی سطح چربی بدن متغیر است [۵]. یکی دیگر از هورمون‌های مرتبط با اشتها گرلین است که وضعیت گرسنگی را نشان می‌دهد و باعث افزایش جذب غذا می‌شود [۳]. مطالعات قبلی نشان داده‌اند که میزان لپتین بعد از پروتکل‌های تمرین ورزشی کاهش و میزان گرلین افزایش می‌یابد که کاهش بافت چربی سفید احشایی و افزایش مصرف انرژی بعد از ورزش می‌تواند از دلایل احتمالی این تغییرات باشند [۷، ۶]. همچنین، مطالعات نشان داده‌اند که تمرینات ورزشی باعث افزایش حساسیت لپتینی می‌شود [۸]. امروزه، برای درمان چاقی و کنترل وزن از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود. از روش‌های مهم می‌توان به رژیم غذایی و انجام فعالیت ورزشی اشاره کرد [۹]. یکی از رژیم‌های غذایی پرکاربرد برای کاهش وزن، رژیم غذایی کم کربوهیدرات کتوژنیک است که اغلب مطالعات انجام شده کارایی این رژیم را در کاهش وزن و کاهش بافت چربی به خوبی نشان داده‌اند [۱۰]. این رژیم بر میزان کربوهیدرات کم، پروتئین در حد متوسط و چربی زیاد (سطح کتون در گردش خون بین ۰/۵ تا ۵ میلی‌مول) تأکید می‌کند و رژیمی جایگزین و امیدوارکننده برای تقویت آمادگی و بهبود سلامتی است. در کتوز تغذیه‌ای، نیازهای متابولیکی اندام‌ها و بافت‌ها را کتون و اسیدهای چرب برآورده می‌کنند. ورزش کاران در کتوز تغذیه‌ای، میزان بسیار زیادی از اکسیداسیون چربی‌ها را نشان می‌دهند (بیشتر از ۱/۵ گرم در دقیقه) [۱۱]. لافونتین و همکاران (۲۰۱۹) کاهش وزن درخور توجه و بهبود ترکیب بدنی بدون افت عملکرد جسمانی را بعد از رژیم کتوژنیک با ورزش نشان دادند [۱۲]. همچنین، رژیم کتوژنیک باعث کاهش لپتین و افزایش گرلین می‌شود که بر اساس یافته‌های مطالعات قبلی، دلایل کاهش سطح لپتین و افزایش سطح

گرلین پس از رژیم غذایی کتوژنیک ممکن است به رفتار جبرانی به تغییرات در هموستاز انرژی، کاهش چربی و توده‌ی بدنی مربوط باشد [۱۴، ۱۳].

فعالیت‌های ورزشی، به‌ویژه دو نوع متداول آن شامل تمرینات هوازی مداوم با شدت متوسط (MICT) و تمرینات اینتروال شدید (HIIT)، تأثیر تقریباً یکسانی در کاهش وزن دارند؛ باین‌حال، مزیت تمرینات HIIT صرف زمان کمتر است. همچنین، مطالعات اخیر کارایی بیشتر تمرینات HIIT را در بهبود مؤلفه‌های آمادگی جسمانی و آمادگی قلبی عروقی نشان داده‌اند [۱۵]. مطالعه‌ای یافت نشد که سازگاری هورمون‌های اشتها و حس اشتها را بعد از دو نوع تمرین HIIT و MICT در میان‌مدت و بلندمدت مقایسه کرده باشد و اغلب تأثیرات حاد این دو نوع تمرین با هم بررسی شده است. در مطالعه‌ای مروری، نشان داده شده است که هر دو نوع تمرین اشتها را سرکوب می‌کند و تفاوتی بین دو نوع تمرین وجود ندارد و مطالعه‌ی دیگری نیز نبود تفاوت در انرژی دریافتی را نشان داد [۱۷، ۱۶]. درحالی‌که مطالعه‌ی مروری دیگری تأثیر حاد دو نوع تمرین HIIT و MICT را بر هورمون‌های اشتها مقایسه کرده است که برتری نسبی تمرینات HIIT گزارش شد [۱۸]. در کل، مطالعات بلندمدت اندکی تأثیر ورزش، به‌ویژه دو نوع ذکر شده را بر اشتها بررسی کرده‌اند؛ باین‌حال، نتایج مطالعات انجام شده درباره‌ی اشتها و هورمون‌های مرتبط با اشتها اغلب متناقض است [۲۰، ۱۹]. استفاده از رژیم کتوژنیک به‌همراه ورزش برای کنترل وزن و چاقی موضوع مهمی برای افراد چاق و حتی ورزش کارانی است که قصد کاهش وزن دارند و با توجه به اینکه تمرینات HIIT در برخی از مؤلفه‌های مرتبط با سلامتی و آمادگی جسمانی، دارای برتری و مزایای بیشتری نسبت به تمرینات MICT است، فرض بر این است که این نوع تمرین تأثیر بیشتری بر اشتها، هورمون‌های اشتها و ترکیب بدنی می‌گذارد. از طرفی، برخی از محققان کنترل حس اشتها با این رژیم غذایی را مکانیسم احتمالی کاهش وزن بیان کرده‌اند [۲۰]. پاسخ به این سؤال از اهمیت بالایی

برخوردار است که آیا تمرین HIIT طی یک دوره پیروی از رژیم غذایی کتوژنیک دارای اثربخشی بهتری نسبت به تمرین MICT است یا خیر؛ بنابراین، هدف از مطالعه‌ی حاضر مقایسه‌ی اثربخشی دو نوع تمرین MICT و HIIT طی یک دوره‌ی شش هفته‌ای رژیم غذایی کتوژنیک بر حس اشتها، هورمون‌های گرلین و لپتین و ترکیب بدنی در دختران دارای اضافه‌وزن و چاق بود.

روش کار

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود. جامعه‌ی آماری پژوهش حاضر دانشجویان دختر غیرفعال چاق یا دارای اضافه‌وزن دانشگاه ارومیه با شاخص توده‌ی بدنی (BMI) بالای ۲۵ کیلوگرم بر مترمربع بودند. معیارهای ورود به پژوهش شامل نداشتن بیماری خاص، BMI بالای ۲۵ کیلوگرم بر مترمربع، نداشتن فعالیت بدنی منظم در شش ماه اخیر، مصرف نکردن دارو یا مکمل، استعمال نکردن دخانیات و استفاده نکردن از رژیم غذایی خاص بود. معیارهای خروج از پژوهش نیز شامل غیبت بیش از سه جلسه در تمرین، مشاهده نشدن کتوزیس بعد از هر هفته اندازه‌گیری و آسیب دیدگی حین فعالیت ورزشی بود. از میان جامعه‌ی مدنظر، ۴۵ نفر ثبت‌نام کردند و به‌طور هدفمند و در دسترس، ۳۶ نفر واجد شرایط به‌عنوان نمونه انتخاب شدند. تعداد نمونه بر اساس اندازه‌ی اثر ۰/۲۵ در مطالعات قبلی، توان ۰/۹۵ و سطح آلفای ۰/۰۵ نفر با استفاده از نرم‌افزار G*power برآورد شد. تمامی شرکت کنندگان پرسش‌نامه‌ی آمادگی شرکت در فعالیت ورزشی و رضایت‌نامه‌ی آگاهانه‌ی شرکت در پژوهش را پر کردند. قبل از شروع برنامه‌ی تمرینی، به مدت یک هفته، آشناسازی آزمودنی‌ها با تمرینات ورزشی و رژیم کتوژنیک انجام شد. پژوهش حاضر در کمیته‌ی اخلاق در پژوهش دانشگاه ارومیه با کد IR.URMIA.REC.1399.007 به تصویب رسید. آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی، به سه گروه تمرین MICT طی رژیم کتوژنیک

(۱۲ نفر)، گروه تمرین HIIT طی رژیم کتوژنیک (۱۲ نفر) و گروه رژیم کتوژنیک به‌تنهایی (۱۲ نفر) تقسیم‌بندی شدند. گروه‌ها بر اساس میزان BMI همسان‌سازی شدند و نتایج جدول ۱ نشان داد که بین سه گروه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. آزمودنی‌ها در دو گروه تمرین علاوه بر پیروی از رژیم کتوژنیک، به مدت شش هفته و هر هفته، سه جلسه تمرینات هوازی دویدن MICT و HIIT را انجام دادند. در انتهای پژوهش، تنها هشت نفر در هر گروه به‌طور کامل، مراحل پژوهش را به اتمام رساندند. در هر گروه، چهار نفر به‌دلیل شرکت نامنظم در تمرینات، پیروی نکردن صحیح از رژیم غذایی و انصراف شخصی از مطالعه خارج شدند نمودار کنسورت در شکل ۱ ارائه گردیده است.

اندازه‌گیری‌ها

در پژوهش حاضر، ۴۸ ساعت قبل از شروع تمرین و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه‌ی تمرین، ویژگی‌های آنترپومتریکی شامل قد و وزن با استفاده از قد و وزن‌سنج (Stadiometer) مدل SECA ساخت کشور آلمان، ترکیب بدنی با استفاده از روش امپدانس بیولوژیکی الکتریکی (BIA) و با دستگاه Inbody3 ساخت کشور کره‌ی جنوبی و اشتها با استفاده از مقیاس آنالوگ بصری (VAS) اندازه‌گیری شد.

در روش BIA، جریان کوچک امپدانس دست و پا از کل بدن عبور می‌کند و مقادیر قدرت و واکنش‌پذیری را از بافت‌های بدن ارائه می‌دهد. این مقادیر امپدانس برای پیش‌بینی چندین متغیر، از جمله درصد چربی بدن، توده‌ی بدون چربی بدن و کل آب بدن به کار رفت. قبل از انجام آزمون، قد، سن و جنسیت هر شرکت‌کننده در نرم‌افزار دستگاه BIA وارد شد. شرکت‌کنندگان سپس دست‌ها و پاهای خود را با پدهای الکلی تمیز کردند و روی الکترودها ایستادند و هم‌زمان، دسته‌های تعبیه‌شده‌ی الکترود را در دست گرفتند [۲۱]. مقیاس VAS نیز پرسش‌نامه‌ای با هشت سؤال درباره‌ی احساس گرسنگی (Hunger)، احساس سیری (Satiety)، میزان

حساسیت $9/38 \text{ pg/ml}$ و تکرارپذیری هر دو intra-CV و inter-CV کمتر از ۱۰ درصد برای هر دو کیت اندازه گیری شدند.

رژیم غذایی کتوژنیک

رژیم غذایی بر اساس مطالعه ی گرین (۲۰۱۸) و همکاران و وارگاس و همکاران (۲۰۱۸) تجویز و کنترل شد. اساس رژیم غذایی تجویزی شامل محدودیت در مصرف کربوهیدرات بود؛ اما کل کالری دریافتی به میزان دلخواه بود. میزان دریافت کربوهیدرات به کمتر یا مساوی ۵۰ گرم یا ۱۰ درصد کل کالری دریافتی محدود شده بود. مشاوره و منابع تغذیه ای برای کمک به پایبندی به رژیم کتوژنیک ارائه شده بود. منابع شامل برنامه های غذایی روزانه ی پیشنهادی چاپی یا الکترونیکی شامل لیست غذاهای «تشویق به خوردن غذا»، «خوردن در حد اعتدال» و «غذاهایی که از خوردن آن اجتناب شود» بود. لیست غذاهایی که تشویق به خوردن آنها شده بود، شامل غذاهای غیرفرآوری شده متشکل از سبزیجات برگ سبز، آجیل و تخمه های خام، تخم مرغ، گوشت حیوانات، لبنیات و روغن های گیاهی آووکادو، نارگیل و زیتون بود. مصرف غذاهای کربوهیدراتی مانند پاستا، شیرینی ها، سیب زمینی، برنج، نان، نوشابه های گازدار و میوه های شیرین محدود شده بود. برنامه ی غذایی و دستورالعمل های پیشنهادی وعده های غذایی برای پاسخ گویی به نیازهای ریزمغذی و با توجه ویژه به مصرف سدیم و ویتامین ها ارائه شده بود. هیچ برنامه ی غذایی ازپیش تعیین شده به آزمودنی ها داده نشده بود. رژیم غذایی مصرفی آزمودنی ها را محققان زیر نظر مشاور تغذیه از طریق فضای مجازی و ارتباط مستقیم در باشگاه و خودگزارشی آزمودنی ها با نرم افزار Nutritionist کنترل کردند. رژیم کتوژنیک استفاده شده به صورت چرخه ای بود و در هر هفته، یک جلسه آزمودنی ها می توانستند از رژیم غذایی عادی و معمولی پرکربوهیدرات پیروی کنند. میزان و درصد درشت مغذی ها را در هر جلسه، با استفاده از نرم افزارهای تغذیه ای موجود در گوشی های هوشمند، از جمله Samsung health و Nutrition fact، آزمودنی

سیری (Fullness)، میزان میل به خوردن (Prospective food consumption) و تمایل به خوردن خوراکی های چرب، شور، شیرین یا خوش طعم است. هر سؤال شامل خطی به طول ۱۰ سانتی متر است که با جملاتی که در هر دو انتهای هر خط قرار داده شده اند (پایین ترین برابر با ۰ و بالاترین برابر با ۱۰)، میزان رتبه بندی را نشان می دهد. آزمودنی ها احساس ذهنی خود از قسمت کمتر به بیشتر را روی خط هر سؤال علامت گذاری کردند. ارزیابی های احساس اشتها شامل چهار مرتبه ارزیابی اشتهای پیش آزمون در حالت ناشتا، پیش آزمون بعد از خوردن صبحانه، پس آزمون در حالت ناشتا و پس آزمون بعد از خوردن صبحانه بود. احساس اشتها بعد از ۱۲ ساعت ناشتایی و ۳۰ دقیقه پس از خوردن صبحانه ی استاندارد (۳۰ گرم پنیر، دو عدد خرما، نصف لواش و ۲۰۰ میلی لیتر شیر کم چرب)، اندازه گیری شد. در پس آزمون، احساس اشتها مشابه پیش آزمون اندازه گیری شد [۲۲].

تجزیه و تحلیل بیوشیمیایی

نمونه های خونی در این پژوهش، دو بار در پیش آزمون و پس آزمون، با ۴۸ ساعت فاصله از آخرین جلسه ی تمرینی، به صورت ناشتا جمع آوری شدند. ابتدا، آزمودنی ها برای نمونه گیری بین ساعات ۸ تا ۹ صبح، به مرکز درمانگاهی دانشگاه مراجعه کردند. خون گیری از سیاهرگ دست چپ هر آزمودنی، به اندازه ی ۵ میلی لیتر خون در وضعیت نشسته و در حالت استراحت انجام گرفت و نمونه های خونی بلافاصله، با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه، به مدت ۱۰ دقیقه و در دمای ۴ درجه ی سانتی گراد، در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه، سانتریفیوژ شدند و سرم حاصل تا زمان استخراج داده ها در دمای ۲۴- درجه ی سانتی گراد نگهداری شد. سپس، آزمودنی ها برای انجام آنالیز ترکیب بدنی و آنتروپومتریکی به آزمایشگاه فیزیولوژی ورزشی دانشکده مراجعه کردند. مقادیر سرمی لپتین و گرلین آسیلدار با استفاده از روش آزمایشگاهی الایزا (ELISA) و کیت های انسانی شرکت Elabscience ساخت کشور چین با

ها آنالیز و ثبت می کردند. برای کنترل اینکه آزمودنی ها از رژیم کتوژنیک پیروی کرده اند و بدنشان وارد فاز کتوزیس شده است، هر هفته یک بار از نوارهای تشخیص کتوزیس DIA Strip (ساخت شرکت Diaplus Inc، کشور کانادا) استفاده شد. اگر سطح کتون در ادرار فرد کمتر از ۴ میلی مول در دسی لیتر بود، فرد مدنظر از مطالعه خارج می شد [۲۴، ۲۳]. جزئیات درشت مغذی ها و کالری دریافتی در جدول ۱ ارائه شده است.

برنامه ی تمرینی

هر دو برنامه ی تمرین MICT و تمرین HIIT به تفصیل در ادامه شرح داده شده است. همچنین، به طور خلاصه، در جدول ۲ نشان داده شده است.

تمرین MICT

پروتکل این تمرین بر اساس مطالعه ی احمدی زاد و همکارانش

تمرین HIIT

این پروتکل تمرینی بر اساس مطالعه ی مروری ویویگ و همکاران (۲۰۱۷) و شیرو و همکاران (۲۰۰۵) طراحی شد [۲۶،

جدول ۱: ترکیب درشت مغذی ها و کالری دریافتی

گروه ها	هفته ی اول	هفته ی دوم	هفته ی سوم	هفته ی چهارم	هفته ی پنجم	هفته ی ششم
MICT طی رژیم کتوژنیک	پروتئین (g/day)	۱۲۳/۱±۲/۳	۱۲۳/۴±۱/۴	۱۲۰/۱±۲/۳	۱۲۱/۹±۳/۹	۱۲۲/۵±۶/۷
	کربوهیدرات (g/day)	۵۰/۶±۱/۸	۴۹/۱±۱/۶	۴۹/۹±۱/۳	۵۰/۲±۱/۵	۴۸/۸±۱/۲
	چربی (g/day)	۱۴۵/۳±۲/۳	۱۴۵/۸±۷/۳	۱۴۴/۳±۲/۷	۱۴۳/۲±۳/۷	۱۴۰/۲±۴/۲
	انرژی دریافتی (cal/day)	۲۰۰۱/۱±۵/۳	۱۹۹۲/۶±۵/۵	۱۹۸۰/۵±۲/۵	۱۹۶۳/۲±۲/۶	۱۹۳۱/۶±۴/۴
HIIT طی رژیم کتوژنیک	پروتئین (g/day)	۱۲۳/۳±۵/۱	۱۲۲/۷±۶/۳	۱۲۱/۱±۱/۴	۱۲۱/۷±۹/۳	۱۲۱/۵±۰/۷
	کربوهیدرات (g/day)	۴۸/۲±۳/۲	۴۹/۱±۱/۶	۴۸/۹±۱/۳	۴۹/۲±۲/۶	۴۹/۱±۱/۸
	چربی (g/day)	۵/۱۴۶/۳±۶	۱۴۵/۲±۲/۳	۱۴۴/۷±۳/۱	۱۴۳/۵±۳/۶	۱۴۰/۹±۱/۳
	انرژی دریافتی (cal/day)	۲۰۰۵/۲±۴/۵	۱۹۹۶/۳±۴/۳	۱۹۷۹/۵±۱/۲	۱۹۶۷/۴±۵/۵	۱۹۴۰/۳±۱/۶
رژیم کتوژنیک	پروتئین (g/day)	۱۲۲/۱±۵/۱	۱۲۳/۲±۵/۳	۱۲۲/۴±۱/۴	۱۲۰/۱±۰/۳	۱۲۱/۵±۰/۷
	کربوهیدرات (g/day)	۴۹/۱±۱/۸	۴۹/۷±۶/۶	۴۸/۹±۱/۳	۴۹/۲±۱/۵	۴۷/۸±۱/۲
	چربی (g/day)	۱۴۴/۳±۴/۱	۱۴۵/۸±۷/۳	۱۴۴/۲±۰/۷	۱۴۳/۲±۳/۷	۱۴۰/۵±۰/۲
	انرژی دریافتی (cal/day)	۱۹۸۵/۲±۵/۵	۱۹۹۴/۶±۶/۵	۱۹۸۱/۶±۱/۵	۱۹۶۵/۲±۲/۶	۱۹۳۴/۶±۱/۲
مقادیر p بین گروهی	پروتئین (g/day)	۰/۵۴	۰/۱۵	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۴۲
	کربوهیدرات (g/day)	۰/۱۲	۰/۱۸	۰/۴۸	۰/۵۸	۰/۵۵
	چربی (g/day)	۰/۳۲	۰/۲۲	۰/۳۵	۰/۶۷	۰/۶۶
	انرژی دریافتی (cal/day)	۰/۰۷	۰/۳۴	۰/۲۲	۰/۸۰	۰/۵۴

جدول ۲: برنامه های تمرینی

نوع تمرین	متغیرهای تمرین	هفته ی اول و دوم	هفته ی سوم و چهارم	هفته ی پنجم و ششم
MICT	شدت مدت تمرین در جلسه	HRmax ۶۰٪ ۴۰ دقیقه	HRmax ۶۵٪ ۵۰ دقیقه	HRmax ۷۰٪ ۶۰ دقیقه
HIIT	شدت مدت تمرین در جلسه	HRmax ۸۵٪ ۴×۴ دقیقه اینتروال با ۳ دقیقه استراحت فعال	HRmax ۹۰٪ ۴×۴ دقیقه اینتروال با ۳ دقیقه استراحت فعال	HRmax ۹۵٪ ۴×۴ دقیقه اینتروال با ۳ دقیقه استراحت فعال

HIIT: تمرینات اینتروال شدید، MICT: تمرینات مداوم با شدت متوسط

۱۵]. تمرین شامل ۶ هفته و هر هفته، ۳ جلسه دویدن در سالن بود. در شروع تمرین، گرم کردن استاندارد به مدت ۱۰ دقیقه انجام شد. سپس، در ادامه ی جلسه، ۴ بار دویدن با شدت ۸۵ درصد HRmax، به مدت ۴ دقیقه، با فاصله ی استراحتی فعال سه دقیقه ای با شدت ۵۰ تا ۶۰ درصد HRmax انجام شد. در دو هفته ی اول، شدت تمرین اصلی ۸۵ درصد بود و در هر دو هفته، ۵ درصد به شدت تمرین اضافه می شد.

تجزیه و تحلیل آماری

به منظور تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار SPSS نسخه ی ۲۴ استفاده شد. در پژوهش حاضر، برای بررسی نرمال بودن توزیع داده ها و همگنی واریانس ها به ترتیب، از آزمون شاپیرو ویلک و آزمون لون استفاده شد. برای بررسی تأثیر مداخلات تمرینی از تحلیل واریانس دوره ای ترکیبی (اثر زمان در گروه) و برای مقایسه ی بین گروهی از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. با توجه به تفاوت میانگین BMI در پیش آزمون، نتایج BMI به عنوان

کوریت در هورمون های اشتها وارد شد. سطح معنی داری برای تمام روش های آماری $P \leq 0/05$ در نظر گرفته شد.

یافته ها

مشخصات توصیفی آزمودنی ها در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج تحلیل واریانس یک راهه نشان داد که بین سه گروه در میزان پایه تفاوت معناداری وجود نداشت. آنوای ترکیبی دوره ای هورمون های اشتها در جدول ۴ نشان داد که تعامل زمان در گروه در میزان سرمی گرلین آسپل دار تفاوت معنی داری نداشت ($P=0/69$). نتایج تعاملی زمان در گروه در میزان سرمی لپتین معنی دار نبود ($P=0/21$). نتایج تعاملی زمان در گروه در نسبت لپتین به گرلین نیز تفاوت معنی داری نداشت ($P=0/31$)؛ بنابراین، بین سه گروه تفاوت معنی داری در هیچ یک از سه متغیر وجود نداشت. باین حال، نتایج درون گروهی کاهش معنی دار لپتین و افزایش معنی دار گرلین را در هر سه گروه نسبت به مقادیر پایه نشان داد ($P \leq 0/05$)؛ اما، نسبت

جدول ۳: ویژگی های آنتروپومتریکی و توصیفی آزمودنی ها در پیش آزمون

متغیر	گروه رژیم کتوژنیک به تنهایی	گروه MICT طی رژیم کتوژنیک	گروه HIIT طی رژیم کتوژنیک	مقادیر P بین گروهی
سن (سال)	۲۱/۳۸ ± ۲/۱۳	۲۲/۶۳ ± ۱/۹۲	۲۱/۶۳ ± ۱/۸۴	۰/۴۴
قد (سانتی متر)	۱۶۳/۱۲ ± ۵/۲۴	۱۶۵/۰۰ ± ۶/۵۴	۱۶۲/۵۰ ± ۷/۵۰	۰/۷۲
وزن (کیلوگرم)	۸۶/۱۳ ± ۳۸/۲۸	۷۸/۸ ± ۱۷/۷۵	۷۳/۶ ± ۱۳/۱۰	۰/۳۰
شاخص توده ی بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)	۳۱/۶۸ ± ۲/۸۷	۲۸/۶۳ ± ۱/۸۱	۲۹/۹۶ ± ۲/۲۲	۰/۱۰

جدول ۴: سطوح استراحتی هورمون های اشتها و ترکیب بدنی بعد از مداخله های تمرینی و رژیم کتوژنیک

متغیرها	گروه ها	پیش آزمون	پس آزمون	اثر متقابل	مقادیر P	اندازه ی اثر
گرلین آسیدار (پیکوگرم بر میلی لیتر)	رژیم کتوژنیک به تنهایی	۲۲۸/۰۵ ± ۸/۷۳	۲۵۷/۳۹ ± ۲۲/۲۶ *	زمان	۰/۰۰۱	۰/۸۰
	HIIT طی رژیم کتوژنیک	۲۱۹/۷۵ ± ۲۴/۴۷	۲۴۹/۴۹ ± ۲۹/۲۱ *	زمان × گروه	۰/۸۲	۰/۰۰۹
	MICT طی رژیم کتوژنیک	۲۲۰/۹۵ ± ۱۷/۱۱	۲۴۸/۲۴ ± ۱۷/۷۴ *			
لپتین (پیکوگرم بر میلی لیتر)	رژیم کتوژنیک به تنهایی	۱۲۰/۰۴ ± ۸/۶۶	۱۱۲/۱۵ ± ۱۲/۰۷ *	زمان	۰/۰۰۱	۰/۶۲
	HIIT طی رژیم کتوژنیک	۱۳۶/۶۳ ± ۲۸/۷۴	۱۲۴/۰۶ ± ۲۴/۷۰ *	زمان × گروه	۰/۵۲	۰/۰۶
	MICT طی رژیم کتوژنیک	۱۱۷/۲۶ ± ۱۸/۵۰	۱۰۷/۳۸ ± ۱۳/۶۴ *			
لپتین / گرلین	رژیم کتوژنیک به تنهایی	۰/۵۲ ± ۰/۰۱	۰/۴۹ ± ۰/۱۳	زمان	۰/۰۰۵	۰/۳۲
	HIIT طی رژیم کتوژنیک	۰/۶۳ ± ۰/۲۰	۰/۵۳ ± ۰/۱۶ *	زمان × گروه	۰/۳۰	۰/۱۷
	MICT طی رژیم کتوژنیک	۰/۵۱ ± ۰/۰۸	۰/۴۵ ± ۰/۱۳ *			
وزن بدن (کیلوگرم)	رژیم کتوژنیک به تنهایی	۸۶/۳۸ ± ۱۳/۲۸	۸۲/۱۳ ± ۱۳/۶۴ *	زمان	۰/۰۰۱	۰/۹۱
	HIIT طی رژیم کتوژنیک	۷۸/۷۵ ± ۸/۱۷	۷۳/۳۸ ± ۸/۷۹ *	زمان × گروه	۰/۱۸	۰/۱۰
	MICT طی رژیم کتوژنیک	۷۳/۱۳ ± ۶/۱۰	۶۸/۵۰ ± ۴/۸۹ *			
درصد چربی (%)	رژیم کتوژنیک به تنهایی	۳۹/۳۸ ± ۴/۴۰	۳۵/۵۰ ± ۵/۰۹ *	زمان	۰/۰۰۱	۰/۶۴
	HIIT طی رژیم کتوژنیک	۳۷/۵۰ ± ۳/۳۳	۳۴/۸۸ ± ۳/۲۷ *	زمان × گروه	۰/۵۵	۰/۰۷
	MICT طی رژیم کتوژنیک	۳۵/۲۵ ± ۳/۹۱	۳۱/۶۳ ± ۳/۹۶ *			
توده ی بدون چربی (کیلوگرم)	رژیم کتوژنیک به تنهایی	۴۸/۶۲ ± ۵/۰۶	۴۹/۱۳ ± ۵/۹۶	زمان	۰/۲۵	۰/۰۶
	HIIT طی رژیم کتوژنیک	۴۵/۰۰ ± ۶/۵۴	۴۵/۱۳ ± ۶/۳۷	زمان × گروه	۰/۶۲	۰/۰۵
	MICT طی رژیم کتوژنیک	۴۲/۳۸ ± ۵/۹۲	۴۳/۸۸ ± ۳/۷۵			
آب بدن (لیتر)	رژیم کتوژنیک به تنهایی	۳۵/۷۵ ± ۳/۶۹	۳۶/۳۸ ± ۴/۴۷	زمان	۰/۳۰	۰/۰۹
	HIIT طی رژیم کتوژنیک	۳۳/۱۳ ± ۴/۸۵	۳۳/۳۸ ± ۴/۸۰	زمان × گروه	۰/۷۱	۰/۰۲
	MICT طی رژیم کتوژنیک	۳۲/۳۸ ± ۱/۶۸	۳۲/۷۵ ± ۱/۸۳			

* نشان دهنده ی تفاوت معنی دار نسبت به پیش آزمون. داده ها به صورت میانگین ± انحراف استاندارد گزارش شده است.

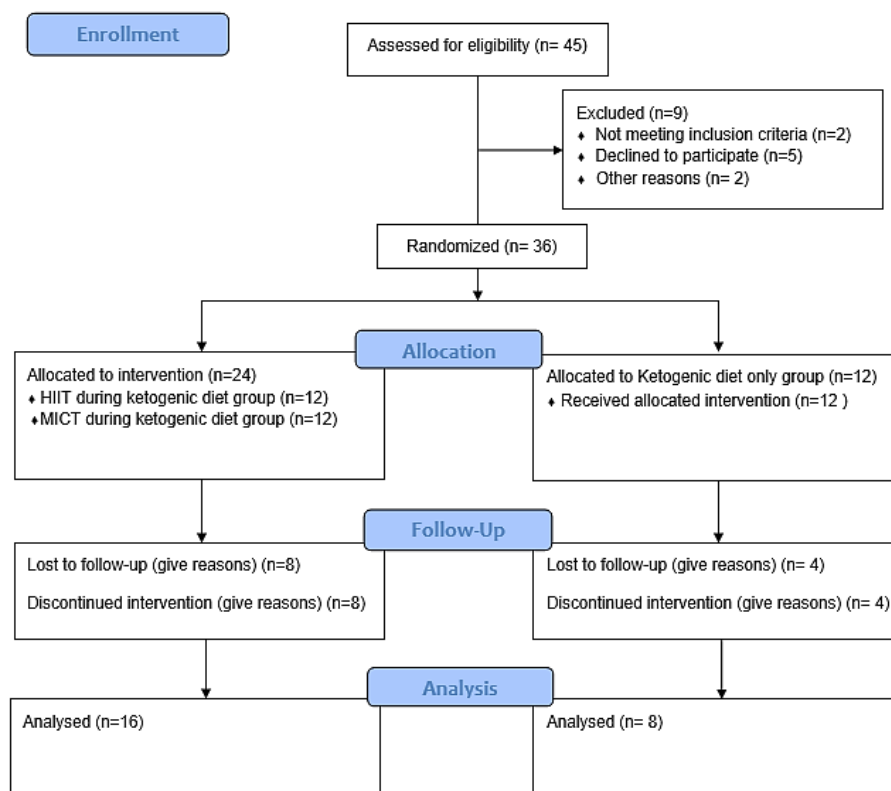
لپتین به گرلین تنها در دو گروه تمرین طی رژیم کتوژنیک نسبت به میزان پایه کاهش معنی داری داشت ($P \leq 0/05$).

طبق یافته های شکل ۲، نتایج تعاملی زمان در گروه در میزان احساس گرسنگی تفاوتی را نشان نداد؛ بنابراین، بین گروه ها تفاوت معنی داری نبود ($P = 0/167$). نتایج تعاملی زمان در گروه در میزان احساس سیری تفاوتی را نشان نداد؛ بنابراین، بین گروه ها تفاوت معنی داری نبود ($P = 0/188$). نتایج تعاملی زمان در گروه در میزان تمایل به غذا خوردن تفاوت معنی داری را نشان داد؛ بنابراین، بین گروه ها تفاوت معنی داری وجود داشت ($P = 0/001$). نتایج آزمون تعقیبی نشان داد که گروه MICT طی رژیم کتوژنیک، کاهش معنی داری نسبت به دو گروه دیگر بعد از مصرف غذا داشت ($0/003$). نتایج تعاملی زمان در گروه در میزان سیری تفاوتی را نشان

نداد؛ بنابراین، بین گروه ها تفاوت معنی داری نبود ($P = 0/506$). نتایج ترکیب بدنی در جدول ۲ نشان داد که بین سه گروه در وزن بدن و درصد چربی بدن تفاوت معنی داری وجود ندارد (مقادیر P به ترتیب $0/35$ و $0/61$). همچنین، حجم عضلات و آب کل بدن بین سه گروه تفاوت معنی داری نداشت (مقادیر P به ترتیب $0/64$ و $0/70$). بالین حال، نتایج درون گروهی کاهش وزن بدن و درصد چربی بدن را در هر سه گروه نسبت به مقادیر پایه نشان داد ($P \leq 0/05$).

بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف مقایسه ی اثربخشی دو نوع تمرین



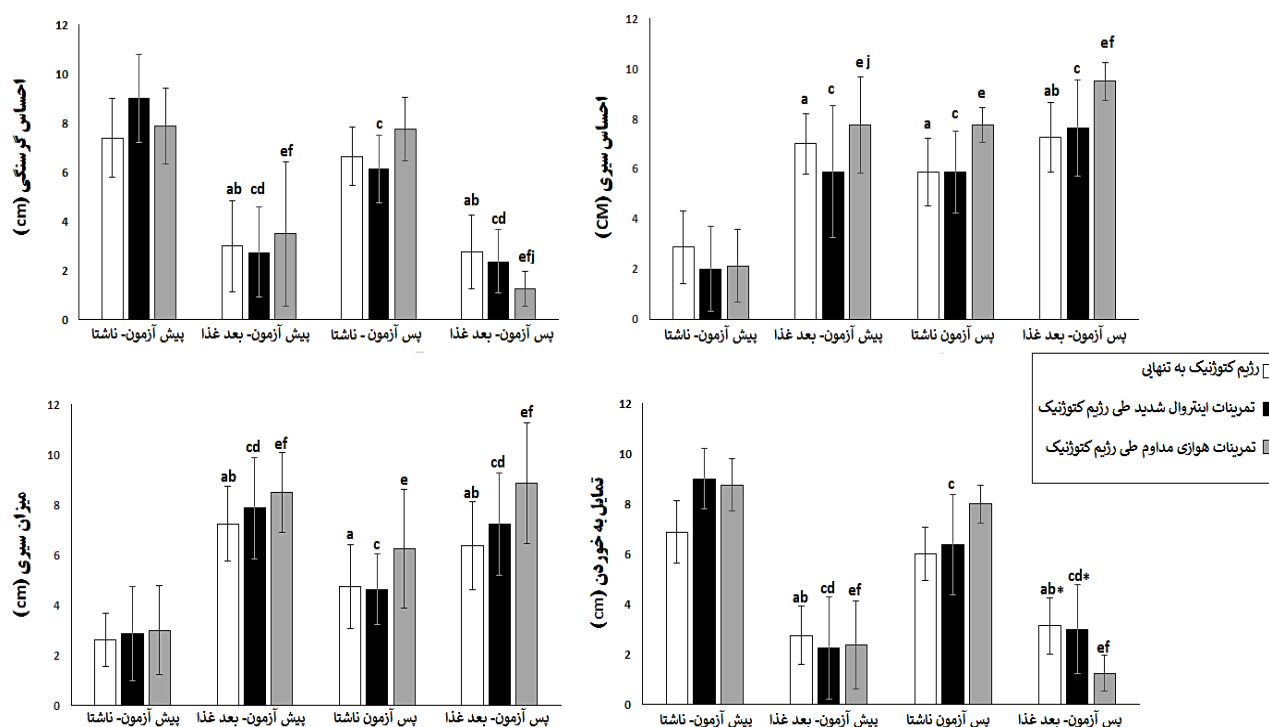
شکل ۱: نمودار کانسورت

همسو با نتایج مطالعه‌ی حاضر، نشان داد که دو نوع تمرین هوازی و مقاومتی طی رژیم کتوژنیک تفاوت معناداری با گروه رژیم کتوژنیک به‌تنهایی ایجاد نکرد [۲۷]. اغلب مطالعات به‌طور مجزا، تأثیر تمرین ورزشی و رژیم کتوژنیک را بر هورمون‌های اشتها بررسی کرده‌اند. مطالعه‌ی قدیری بهرام‌آبادی و همکاران (۲۰۱۲) درباره‌ی زنان چاق یا دارای اضافه‌وزن نشان داد که ۱۰ هفته (۳ جلسه در هفته و هر جلسه ۶۰ دقیقه) تمرین ایروبیک با شدت بالا (۷۰ تا ۷۵ درصد ضربان قلب بیشینه) تأثیر به‌مراتب مطلوب‌تری بر چاقی و اضافه‌وزن نسبت به تمرین ایروبیک با شدت کمتر (۴۵ تا ۵۰ درصد ضربان قلب بیشینه) داشت و در کاهش درصد چربی و سطوح لپتین مؤثرتر بود [۲۸]. همچنین، رمضان خانی و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی، تأثیر ۱۶ هفته تمرین هوازی و رژیم کم کالری

MICT و HIIT طی یک دوره رژیم غذایی کتوژنیک بر میزان سرمی لپتین، گرلین آسیددار، اشتها و ترکیب بدنی دختران دارای اضافه‌وزن و چاق انجام شد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که انجام شش هفته تمرین MICT و HIIT طی یک دوره پیروی از رژیم غذایی کتوژنیک در سطوح سرمی لپتین، گرلین آسیددار و نسبت لپتین به گرلین تفاوت معنی‌داری نسبت به پیروی از رژیم غذایی کتوژنیک به‌تنهایی ایجاد نکرد. مطالعاتی که تأثیر هم‌زمان انواع ورزش‌ها را طی یک دوره رژیم کتوژنیک بررسی کرده باشند، بسیار محدودند و مقایسه‌ی تمرینات MICT و HIIT طی رژیم کتوژنیک بررسی نشده است. ولی‌نژاد و همکاران (۲۰۲۲) تأثیر تمرینات مقاومتی و هوازی طی یک دوره رژیم کتوژنیک را در پسران دارای اضافه‌وزن یا چاق بررسی کردند که نتایج آن‌ها

اکسیژن مصرفی، در ۳۰ مرد بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که غلظت گرلین به طور معنی داری افزایش یافت، در صورتی که تغییر معنی داری در سطح لپتین و شاخص مقاومت به انسولین دیده نشد [۳۱]. مطالعات قبلی نشان داده اند که سن، وضعیت جسمانی، شدت تمرین و حجم تمرین عوامل اثرگذار در تغییرات هورمون های لپتین و گرلین هستند [۳۲-۳۴، ۸]. بنابراین، از دلایل احتمالی تناقض نتایج این تحقیقات با تحقیق حاضر می توان به دامنه ی سنی

بر سطوح لپتین زنان چاق را بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که کاهش میزان لپتین سرم نقش مهمی در تنظیم وزن بدن در زنان چاق ایفا می کند [۲۹]. فوستر و شوبرت و همکاران (۲۰۰۵) نیز در تحقیقی که انجام دادند، بیان کردند که تمرین به مدت یک سال باعث شد در افرادی که وزن بدنشان بر اثر تمرین کاهش می یابد، سطح گرلین افزایش یابد [۳۰]. نوری و همکاران (۲۰۱۳) اثر هشت هفته تمرین هوازی را با شدتی معادل ۵۰ تا ۶۰ درصد حداکثر



شکل ۲: تغییرات حس اشتها بعد از مداخله های تمرینی طی یک دوره رژیم کتوژنیک. a: نشان دهنده ی تفاوت معنی دار نسبت به گروه رژیم کتوژنیک به تنهایی در پیش آزمون - ناشتا، b: نشان دهنده ی تفاوت معنی دار نسبت به گروه رژیم کتوژنیک به تنهایی در پس آزمون - ناشتا، c: نشان دهنده ی تفاوت معنی دار نسبت به گروه تمرینات اینتروال شدید رژیم کتوژنیک در پیش آزمون - ناشتا، d: نشان دهنده ی تفاوت معنی دار نسبت به گروه تمرینات اینتروال شدید رژیم کتوژنیک در پس آزمون - ناشتا، e: نشان دهنده ی تفاوت معنی دار نسبت به گروه تمرینات هوازی مداوم طی رژیم کتوژنیک در پیش آزمون - ناشتا، f: نشان دهنده ی تفاوت معنی دار نسبت به گروه تمرینات هوازی مداوم طی رژیم کتوژنیک در پس آزمون - ناشتا، g: نشان دهنده ی تفاوت معنی دار نسبت به گروه تمرینات هوازی مداوم طی رژیم کتوژنیک در پس آزمون - بعد از غذا. * نشان دهنده ی تفاوت معنی دار نسبت به گروه تمرینات هوازی مداوم طی رژیم کتوژنیک. داده ها به صورت میانگین $\pm$ انحراف استاندارد گزارش شده است.

آزمودنی‌ها (۲۵ تا ۴۰ ساله در مطالعه‌ی قدیری و حدود ۳۰ سال در مطالعه‌ی رمضان خانی)، وضعیت سلامت آزمودنی‌ها (BMI نرمال در مطالعه‌ی نوری و همکاران در حدود ۲۲)، شدت و مدت اجرای تمرینات ورزشی (۶ هفته در مقابل ۱۶ هفته در مطالعه‌ی رمضان خانی، یک سال در مطالعه‌ی فوستر و شوبرت)، تعداد کم نمونه در مطالعه‌ی حاضر (۱۶۸ نفر در مطالعه‌ی فوستر و شوبرت و همکاران) و همچنین، زمان اندازه‌گیری هورمون لپتین (اندازه‌گیری ناشتا و استراحتی در مقابل اندازه‌گیری بلافاصله بعد از تمرین) اشاره کرد. در بررسی اثر رژیم کتوژنیک بر میزان هورمون‌های اشتها، سامیتان و همکاران (۲۰۱۳) کاهش معناداری در سطح لپتین و افزایش جزئی غیرمعناداری در سطوح گرلین پس از هشت هفته پیروی از رژیم کتوژنیک مشاهده کردند [۱۳]. بر اساس یافته‌های مطالعات قبلی، دلایل کاهش سطح لپتین و افزایش سطح گرلین پس از رژیم غذایی کتوژنیک ممکن است به رفتار جبرانی به تغییرات در هموستاز انرژی، کاهش چربی و توده‌ی بدنی مربوط باشد [۱۴، ۱۳]. از طرفی، مهم‌ترین عامل تأثیر MICT بر کاهش لپتین، افزایش مصرف انرژی و تأثیر تمرین بر درصد چربی بدن است [۱۴]. تمرین هوازی با ایجاد تغییرات متابولیک از طریق بر هم زدن شارژ انرژی سلولی، تقاضای سوخت سلول را به‌منظور تأمین انرژی لازم برای ادامه‌ی حیات سلول افزایش می‌دهد. استرس فیزیولوژیکی فعالیت ورزشی تنظیم‌کننده‌ی بالقوه‌ی ترشح لپتین است. تغییرات همراه با جریان مواد سوختی، غلظت‌های هورمونی گردش خون و هزینه‌ی انرژی می‌تواند غلظت لپتین را تحت تأثیر قرار دهد. می‌توان گفت که کاهش غلظت لپتین از طریق ورزش هوازی با تغییرهای تعادل انرژی، بهبود حساسیت انسولینی، تغییرهای هورمون‌های مرتبط با متابولیسم کربوهیدرات و چربی همراه است [۲۰، ۱۴]. کاهش احتمالی سطح انسولین و افزایش کتون بادی‌ها می‌تواند از دیگر دلایل احتمالی ورزش و رژیم غذایی کتوژنیک در افزایش هورمون گرلین باشد [۳۵]. با اینکه هر سه گروه تغییر معنی داری نسبت به مقادیر پایه داشتند،

از دلایل احتمالی نبود تفاوت بین گروه های رژیم کتوژنیک به‌تنهایی و دو نوع تمرین ورزشی طی یک دوره رژیم کتوژنیک می‌تواند مشترک بودن مسیرهای دخیل در تغییرات هورمون اشتها با ورزش و رژیم غذایی کتوژنیک باشد. بنابراین، ممکن است رژیم کتوژنیک به‌تنهایی سقف تأثیرات را بر هورمون‌های مرتبط با اشتها اعمال کرده باشد. بنابراین، انجام تمرینات ورزشی طی رژیم کتوژنیک هیچ‌گونه برتری خاصی نسبت به رژیم کتوژنیک به‌تنهایی نداشته است.

در مطالعه‌ی حاضر، در حس اشتها شامل مؤلفه های احساس گرسنگی، احساس سیری و میزان سیری بین سه گروه مورد مطالعه تفاوتی مشاهده نشد. تنها در حس تمایل به خوردن در گروه تمرین MICT طی رژیم کتوژنیک نسبت به دو گروه دیگر کاهش معنی داری وجود داشت. طبق دانش ما، مطالعات اندکی تأثیر انواع تمرینات ورزشی را بررسی کرده اند؛ باین‌حال، ولی نژاد و همکارانش (۲۰۲۲) تأثیر تمرین قدرتی و MICT را طی یک دوره رژیم کتوژنیک بر اشتها در مردان چاق و دارای اضافه‌وزن بررسی کرده اند. نتایج آن‌ها همسو با مطالعه‌ی حاضر، کاهش میزان اشتها را با تمرین هوازی نشان داد [۲۷]. دیگر مطالعات به‌طور مجزا، تأثیر ورزش و رژیم کتوژنیک را بر اشتها بررسی کرده اند. اغلب مطالعات سرکوب اشتها را پس از ۴ و ۱۲ هفته رژیم کتوژنیک در افراد چاق مشاهده کرده‌اند [۳۷، ۳۶]. در مقابل، استوریک و همکاران (۲۰۲۰) افزایش میل به خوردن غذا را پس از ۴ هفته پیروی از رژیم کتوژنیک در افراد دارای اضافه‌وزن یا چاق مبتلا به دیابت نوع ۲ مشاهده کردند [۳۸]. مکانیسم‌های احتمالی مختلفی از جمله اثرهای مستقیم اجسام کتون بر کاهش سیگنال‌دهی مرکزی اورکسیژنیک، تغییرات در هورمون‌های تنظیم‌کننده‌ی اشتها، تغییرات در میکروبیوتای روده، افزایش اسیدهای چرب و افزایش غلظت گلوکز خون پس از غذا، ممکن است به اثرهای سرکوب‌کننده‌ی اشتها طی یک دوره رژیم کتوژنیک کمک کنند [۳۹، ۱۳]. باین‌حال، نتایج ضدونقیضی برای تغییرات اشتها پس از

ورزش طولانی مدت گزارش شده است. مطالعه‌ای مروری نشان داده است که تمرین ورزشی به افزایش گرسنگی و محدودیت غذایی در حالت ناشتا، کاهش بازداري و عدم تغییر درخور توجه در احساس سیری و میزان سیری منجر می‌شود. شواهد نشان می‌دهد که تمرینات ورزشی معمولاً به جبران جزئی مصرف انرژی منجر می‌شود که با تغییرات مفید در هورمون‌های تنظیم‌کننده اشتها پس از ورزش مرتبط است [۱۹, ۴۰]. یافته‌های ما نشان داد که میل به خوردن غذا با تمرین MICT طی رژیم کتوژنیک نسبت به HIIT طی رژیم کتوژنیک و رژیم کتوژنیک به تنهایی کاهش معناداری یافت. دیگر متغیرهای اشتها بین سه گروه تفاوتی نداشت. کاهش تمایل به خوردن در گروه MICT ممکن است به دلیل تجمع بیشتر متابولیت‌ها، خستگی، دمای بیشتر بدن و در نتیجه، بار حجمی بیشتر تمرین MICT نسبت به HIIT در هر جلسه باشد [۱۸, ۴۱].

در مطالعه‌ی حاضر، وزن بدن، درصد چربی بدن، حجم عضلات و آب بدن در بین سه گروه تفاوت معناداری نشان نداد. با این حال، درصد چربی بدن و وزن بدن کاهش معنی‌داری نسبت به مقادیر پایه در هر سه گروه مداخله نشان داده است. همسو با مطالعه‌ی حاضر، در مطالعه‌ی ولی نژاد و همکاران (۲۰۲۲) که تأثیر تمرین هوازی و مقاومتی طی رژیم کتوژنیک را بررسی کرده بودند، تفاوتی بین گروه‌های تمرین با رژیم کتوژنیک نسبت به گروه رژیم کتوژنیک در درصد چربی، وزن بدن و آب بدن وجود نداشت [۲۷]. در مطالعه‌ای فراتحلیلی، کلارک (۲۰۱۵) نشان داده است که رژیم کتوژنیک و تمرینات ورزشی به تنهایی یا در ترکیب با هم می‌توانند ترکیب بدنی را در افراد دارای اضافه‌وزن و چاق بهبود بخشند [۴۲]. دلایل احتمالی کاهش وزن می‌تواند تغییرات در سطح هورمون‌های اشتها و میزان حس اشتها باشد که نتایج مطالعه‌ی حاضر مؤید این فرضیه است. نتایج غیرهمسو هم ممکن است به دلیل تفاوت در روش‌های اندازه‌گیری ترکیب بدن، ترکیب رژیم غذایی، طراحی تمرین ورزشی و ویژگی‌های آزمودنی‌ها باشد. نبود تفاوت معنی‌دار در وزن بدن و درصد

چربی بین دو نوع تمرین MICT و HIIT طی رژیم کتوژنیک و رژیم کتوژنیک به تنهایی ممکن است این فرضیه را منعکس کند که مداخله‌ی رژیم کتوژنیک به تنهایی سقف تأثیرات را داشته است و تمرین ورزشی سود اضافی معنی‌داری نداشته است. این یافته می‌تواند به مکانیسم‌های مشابه با تغییرات در احساس اشتها و هورمون‌های تنظیم‌کننده اشتها از طریق برنامه‌ی ورزشی و رژیم کتوژنیک مرتبط باشد. در این تحقیق، آب بدن و توده‌ی بدون چربی تغییرات معناداری نداشت که شاید به این دلیل باشد که آزمودنی‌ها محدودیتی برای نوشیدن آب نداشتند و می‌توانستند به مقدار نیاز آب مصرف کنند و همچنین، از آنجایی که توده‌ی بدون چربی در کوتاه‌مدت، زیاد دستخوش تغییرات نمی‌شود، کوتاه بودن مدت تحقیق و مصرف مناسب پروتئین‌ها ممکن است دلیلی برای مشاهده نشدن تغییرات معنادار باشد.

نقطه‌ی قوت این مطالعه مقایسه‌ی اثربخشی دو نوع تمرین هوازی مداوم و اینتروال حین پیروی از رژیم غذایی کتوژنیک بر هورمون‌های تنظیم‌کننده اشتها در چاقی و ترکیب بدنی بود. محدودیت‌های این تحقیق شامل اندازه‌گیری هورمون‌های تنظیم‌کننده اشتها فقط در حالت ناشتا، حجم کم نمونه، مدت کوتاه تمرین و مداخله‌ی غذایی و عدم همسان‌سازی بار حجمی دو نوع تمرین بود. بنابراین، توصیه می‌شود که در هر دو حالت ناشتا و بعد از غذا، هورمون‌ها اندازه‌گیری شوند. استفاده از حجم نمونه‌ی بالا، افزایش مدت تمرین، مداخله‌ی رژیم غذایی تا ۱۲ هفته و برنامه‌های تمرینی همسان‌سازی‌شده با بار حجمی نیز توصیه می‌شود.

با توجه به یافته‌های مطالعه‌ی حاضر، به نظر می‌رسد که بین دو نوع تمرین طی رژیم کتوژنیک تفاوتی در هورمون‌های اشتها و ترکیب بدنی در زنان دارای اضافه‌وزن و چاق وجود نداشت. همچنین، هیچ‌یک از تمرین‌ها طی رژیم کتوژنیک هیچ‌گونه برتری نسبت به رژیم کتوژنیک به تنهایی نداشتند. تمایل به خوردن غذا در گروه MICT طی رژیم کتوژنیک نسبت به دو گروه دیگر

کاهش یافته بود. به نظر می رسد که برای فهم دقیق تأثیر انواع ورزش ها طی یک دوره رژیم کتوژنیک بر میزان اشتها و ترکیب بدنی، اندازه گیری هورمون های اشتها در وهله های زمانی بیشتر لازم باشد.

تضاد در منافع

قدردانی

یاری کردند، نهایت تشکر و قدردانی را داریم. کد IR.URMIA.REC.1399.007 از کمیته ی اخلاق دانشگاه اخذ شد.

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله هیچ گونه تعارض منافی ندارد.

از تمامی شرکت کنندگان و افرادی که در انجام این مطالعه ما را

References

1. Pedersen BK, Saltin B. Exercise as medicine - evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scand J Med Sci Sports* 2015; 25 Suppl 3: 1-72.
2. Asztalos BF, Horan MS, Horvath KV, McDermott AY, Chalasani NP, Schaefer EJ. Obesity associated molecular forms of C-reactive protein in human. *PLoS One* 2014; 9: e109238.
3. Asakawa A, Inui A, Fujimiya M, Sakamaki R, Shinfuku N, Ueta Y, Meguid MM, et al. Stomach regulates energy balance via acylated ghrelin and desacyl ghrelin. *Gut* 2005; 54(1): 18-24.
4. Falorni A, Bini V, Molinari D, Papi F, Celi F, Di Stefano G, et al. Leptin serum levels in normal weight and obese children and adolescents: relationship with age, sex, pubertal development, body mass index and insulin. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1997; 21: 881-90.
5. Bouassida A, Zalleg D, Bouassida S, Zaouali M, Feki Y, Zbidi A, et al. Leptin, its implication in physical exercise and training: a short review. *J Sports Sci Med* 2006; 5: 172-81.
6. Fedewa MV, Hathaway ED, Ward-Ritacco CL, Williams TD, Dobbs WC. The Effect of Chronic Exercise Training on Leptin: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Sports Med* 2018; 48: 1437-50.
7. Ouerghi N, Feki M, Bragazzi NL, Knechtel B, Hill L, Nikolaidis PT, Bouassida A. Ghrelin Response to Acute and Chronic Exercise: Insights and Implications from a Systematic Review of the Literature. *Sports Med* 2021; 51: 2389-410.
8. Rostás I, Pótó L, Mátrai P, Hegyi P, Tenk J, Garami A, et al. In middle-aged and old obese patients, training intervention reduces leptin level: A meta-analysis. *PLoS One* 2017; 12: e0182801.
9. 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; 95: 1609-16.
10. Ting R, Dugré N, Allan GM, Lindblad AJ. Ketogenic diet for weight loss. *Can Fam Physician* 2018; 64: 906.
11. Cao J, Lei S, Wang X, Cheng S. The Effect of a Ketogenic Low-Carbohydrate, High-Fat Diet on Aerobic Capacity and Exercise Performance in Endurance Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients* 2021; 13(8): 2896.
12. LaFountain RA, Miller VJ, Barnhart EC, Hyde PN, Crabtree CD, McSwiney FT, et al. Extended Ketogenic Diet and Physical Training Intervention in Military Personnel. *Mil Med* 2019; 184(9-10): e538-e547.
13. Sumithran P, Prendergast LA, Delbridge E, Purcell K, Shulkes A, Kriketos A, et al. Ketosis and appetite-mediating nutrients and hormones after weight loss. *Eur J Clin Nutr* 2013; 67(7): 759-64.
14. Cipryan L, Dostal T, Plews DJ, Hofmann P, Laursen PB. Adiponectin/leptin ratio increases after a 12-week very low-carbohydrate, high-fat diet, and exercise

- training in healthy individuals: A non-randomized, parallel design study. *Nutr Res* 2021; 87: 22-30.
15. Wewege M, van den Berg R, Ward RE, Keech A. 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. *Obes Rev* 2017; 18(6): 635-46.
 16. Hu M, Nie J, Lei OK, Shi Q, Kong Z. Acute effect of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on appetite perception: A systematic review and meta-analysis. *Appetite* 2023; 182: 106427.
 17. Poon ET, Sun FH, Chung AP, Wong SH. 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* 2018; 10(10): 1408.
 18. Hu M, Kong Z, Shi Q, Nie J. Acute effect of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on appetite-regulating gut hormones in healthy adults: A systematic review and meta-analysis. *Heliyon* 2023; e13129.
 19. Dorling J, Broom DR, Burns SF, Clayton DJ, Deighton K, James LJ, et al. Acute and Chronic Effects of Exercise on Appetite, Energy Intake, and Appetite-Related Hormones: The Modulating Effect of Adiposity, Sex, and Habitual Physical Activity. *Nutrients* 2018; 10(9): 1140.
 20. Hulver MW, Houmard JA. Plasma leptin and exercise: recent findings. *Sports Med* 2003; 33(7): 473-82.
 21. Ballarin G, Scalfi L, Monfrecola F, Alicante P, Bianco A, Marra M, et al. Body Composition and Bioelectrical-Impedance-Analysis-Derived Raw Variables in Pole Dancers. *Int J Environ Res Public Health* 2021; 18(23): 12638.
 22. Flint A, Raben A, Blundell JE, Astrup A. Reproducibility, power and validity of visual analogue scales in assessment of appetite sensations in single test meal studies. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2000; 24(1): 38-48.
 23. Greene DA, Varley BJ, Hartwig TB, Chapman P, Rigney M. A Low-Carbohydrate Ketogenic Diet Reduces Body Mass Without Compromising Performance in Powerlifting and Olympic Weightlifting Athletes. *J Strength Cond Res* 2018; 32(12): 3373-82.
 24. Vargas S, Romance R, Petro JL, Bonilla DA, Galancho I, Espinar S, et al. Efficacy of ketogenic diet on body composition during resistance training in trained men: a randomized controlled trial. *J Int Soc Sports Nutr* 2018; 15(1): 31.
 25. Ahmadizad S, Avansar AS, Ebrahim K, Avandi M, Ghasemikaram M. The effects of short-term high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on plasma levels of nesfatin-1 and inflammatory markers. *Horm Mol Biol Clin Investig* 2015; 21(3): 165-73.
 26. Schjerve IE, Tyldum GA, Tjønnha AE, Stølen T, Loennechen JP, Hansen HE, Haram PM, Heinrich G, Bye A, Najjar SM, Smith GL, Slørdahl SA, Kemi OJ, Wisløff U. Both aerobic endurance and strength training programmes improve cardiovascular health in obese adults. *Clin Sci (Lond)* 2008; 115(9): 283-93.
 27. Valinejad A, Khodaei K. Does exercise during a ketogenic diet effectively alter appetite sensation, appetite-regulating hormones, and body composition? *Experimental Biology and Medicine* 2022; 247(21): 1898-1906.
 28. Ghadiri bahram abadi N, Marandi SM, Mojtahedi H, Esfarjani F. Effects of Aerobic Exercise Intensity on Serum Leptin Levels in Obese/Overweight Women. *Journal Of Isfahan Medical School* 2012; 30: 392-400 (Persian).
 29. Ramezankhany A, Nazarali P, Hanachi P. Serum Leptin concentration and some cardiovascular risk factors in response to aerobic exercise and weight loss diet in sedentary women. *Hormozgan medical journal* 2011; 15: 169-175 (Persian).
 30. Foster-Schubert KE, McTiernan A, Frayo RS, Schwartz RS, Rajan KB, Yasui Y, et al. Human Plasma Ghrelin Levels Increase during a One-Year Exercise Program. *J Clin Endocrinol Metab* 2005; 90(2): 820-25.
 31. Nouri Y, Rahmani Nia F, Mirzaie B, Arazi H. The Effect of Resistance and Endurance Training on Resting Metabolic Rate and Body Composition in Sedentary Males. *Journal of Advances in Medical and Biomedical Research* 2013; 21(89): 51-63 (Persian).
 32. Tremblay A, Dutheil F, Drapeau V, Metz L, Lesour B, Chapier R, Pereira B, Verney J, Baker JS, Vinet A, Walther G, Obert P, Courteix D, Thivel D. Long-term effects of high-intensity resistance and endurance exercise on plasma leptin and ghrelin in overweight individuals: the RESOLVE Study. *Appl Physiol Nutr Metab* 2019; 44(11): 1172-1179.
 33. Pasman WJ, Westerterp-Plantenga MS, Saris WH. The effect of exercise training on leptin levels in obese males. *Am J Physiol* 1998; 274(2): E280-6.

34. Rigamonti AE, Pincelli AI, Corrà B, Viarengo R, Bonomo SM, Galimberti D, Scacchi M, Scarpini E, Cavagnini F, Müller EE. Plasma ghrelin concentrations in elderly subjects: comparison with anorexic and obese patients. *J Endocrinol* 2002; 175(1): R1-5.
35. Paoli A, Rubini A, Volek JS, Grimaldi KA. Beyond weight loss: a review of the therapeutic uses of very-low-carbohydrate (ketogenic) diets. *Eur J Clin Nutr* 2013; 67(8): 789-96.
36. Gibson AA, Seimon RV, Lee CM, Ayre J, Franklin J, Markovic TP, et al. Do ketogenic diets really suppress appetite? A systematic review and meta-analysis. *Obes Rev* 2015; 16(1): 64-76.
37. Johnstone AM, Horgan GW, Murison SD, Bremner DM, Lobley GE. Effects of a high-protein ketogenic diet on hunger, appetite, and weight loss in obese men feeding ad libitum. *Am J Clin Nutr* 2008; 87(1): 44-55.
38. Struik NA, Brinkworth GD, Thompson CH, Buckley JD, Wittert G, Luscombe-Marsh ND. Very Low and Higher Carbohydrate Diets Promote Differential Appetite Responses in Adults with Type 2 Diabetes: A Randomized Trial. *J Nutr* 2020; 150(4): 800-805.
39. Roekenes J, Martins C. Ketogenic diets and appetite regulation. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2021; 24(4): 359-363.
40. Hamedinia MR, Hesar Koshki M, Amir HH, Mollanovrosi A. Effect of 8 weeks of circuit training on lymphocyte AGRP gene expression in well trained wrestlers. *Daneshvar Medicine* 2020;18:71-80.
41. Larsen PS, Donges CE, Guelfi KJ, Smith GC, Adams DR, Duffield R. Effects of Aerobic, Strength or Combined Exercise on Perceived Appetite and Appetite-Related Hormones in Inactive Middle-Aged Men. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2017; 27(5): 389-98.
42. Clark JE. Diet, exercise or diet with exercise: comparing the effectiveness of treatment options for weight-loss and changes in fitness for adults (18-65 years old) who are overfat, or obese; systematic review and meta-analysis. *J Diabetes Metab Disord* 2015; 14: 73.