JAHSSP
http://jahssp.azaruniv.ac.ir/

http://dx.doi.org/10.22049/jahssp.2024.30134.1700

Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology
?????/????? ?????
Volume ?, Number ?
?-??

Original Article **Open Access**

The effect of six weeks of high-intensity interval training in hot temperature on insulin resistance index and serum leptin in obese men

Ahmad Shahsavari [1*], Amir Khosravi [2], Nasser Behpoor [3]

Receive 2024 November 22; Accepted 2025 January 21

Abstract

Aim: Environmental temperature and exercise are factors that affect body weight regulation. The aim of this study was to investigate the effect of six weeks of high-intensity interval training in hot temperature on insulin resistance index and serum leptin in obese men. **Methods:** The present study was a quasi-experimental study with a pre-test and post-test design. 32 young obese men were divided into 4 equal groups; Group 1: training at 22°C (TR22), Group 2: training at 36°C (TR36), Group 3: resting at 22°C (C22), and Group 4: resting at 36°C (C36). The TR36 and TR22 groups performed high-intensity interval training three days a week for 6 weeks at an intensity of 80-85% of heart rate reserve at two different temperatures. In two stages, before and after the intervention, leptin, insulin, serum glucose, and anthropometric indices of the subjects were measured. Statistical analysis of the research data was analyzed using one-way analysis of variance, Tukey's post hoc test, and Pearson's correlation coefficient**. Results**: The results of the present study showed that 6 weeks of interval training in hot temperature a significant decrease in the variables leptin (P = 0.001), insulin (P = 0.001), glucose (P = 0.001), weight (P = 0.001), and body fat percentage (P = 0.001) in the subjects of the TR36 group compared to the control group (C36 group). Also, a direct and significant relationship was observed between changes in body fat percentage in the TR36 group with leptin (TR36 P = 0.031) and insulin (TR36 P = 0.039) concentrations. **Conclusion:** Performing interval training in hot temperature, unlike normal temperature, reduces leptin, insulin, glucose, fat percentage, and body weight levels in obese individuals. It also seems that the decrease in leptin and insulin levels is related to changes in fat percentage.

Keywords: High Intensity Interval Training, Hot temperature, Insulin resistance, Leptin, Men

Scan this QR code to see the accompanying video, or visit jahssp.azaruniv.ac.ir

1. Department of sport science, Borujerd Branch, Islamic Azad university, Borujerd, Iran. ***(Corresponding author)**
   (a58shah@gmail.com)
2. Department of Physical Education and Exercise Science, Ayatollah Ozma Borujerdi University, Borujerd, Iran
3. Associate professor of sport science faculty, Razi university, Kermanshah, Iran

Cite as: Ahmad Shahsavari , Amir Khosravi, Nasser Behpoor . The effect of six weeks of high-intensity interval training in hot temperature on insulin resistance index and serum leptin in obese men. Applied Health Studies in Sport Physiology. ?????; ?(In press): ?-??.
Owner and Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University
Journal ISSN (online): 2676-6507
Access Type: Open Access
DOI: 10.22049/jahssp.2024.30134.1700
:

In press

Copyright ©The authors

http://dx.doi.org/10.22049/jahssp.2024.30134.1700

Extended abstract

Background

Exercising in hot weather, compared to exercise at a comfortable temperature, is probably due to the direct effect of temperature on increasing the reaction speed of key glycolytic enzymes, increasing the activity of sympathetic nerves and plasma epinephrine, and dehydration increases the dependence of energy consumption on glycogen and decreases fat metabolism. Muscle glycogen utilization during high-intensity exercise in hot weather (40 degrees) increases by 400% compared to cool weather. Therefore, it is expected that performing HIIT exercises, due to the tremendous effect it has on the depletion of glycogen resources during exercise repetitions and fat consumption during recovery between repetitions, and as a result, more energy expenditure during and after exercise, is more effective in reducing weight and eventually adjust leptin and insulin.

Materials and Methods

This is an applied study with a semi-experimental design that was conducted using a pre-test-post-test design with a control group. The statistical population of this research was young obese men with an age range of 18-28 years with a body mass index of 30-34.9 kg/m2. 32 obese young men who were eligible to participate in the study were selected.

Experimental design

The subjects were divided into four groups of 8 people: 1- group TR22 training at 22 degrees, 2- group TR36 training at 36 degrees, 3- group C22 resting at 22 degrees, 4- group C36 resting at 36 degrees. The current research project has been approved and approved by the ethics committee of the Islamic Azad University, Borujerd branch, with the ethics ID code IR.IAU.B.REC.1398.012.

Training protocol

High-intensity interval training protocol: The exercises of the TR22 group (exercise at 22 degrees) and the TR36 group (exercise at 36 degrees) included HIIT training during 31-35 minute sessions for 6 weeks and 3 sessions on three separate days and in a fixed half of the day. (6:00 p.m.) was planned during the week. At the beginning of all training sessions, 10 minutes were devoted to warm-up. Then, 16 to 20 minutes of the main exercise was performed, and after that, a five-minute cool-down was performed. Warm-up and cool-down included light aerobic activity with dynamic stretches. A high-intensity interval training program (HIIT) consists of one-minute bouts of running on a treadmill (no incline) with an intensity of 85 to 95% of maximum heart rate reserve (calculated with using the Karonen method) and one minute of active rest with an intensity of 60-70% of the maximum heart rate at two temperatures of 22 degrees and 36 degrees, respectively, separately for the TR22 group and the TR36 group in a period of 6 It ran for a week.

Assessment of studied factors: In the present study, blood sampling was done from the subjects in two stages. The first stage, one week before the start of training (pre-test) and the second stage 48 hours after the last training session (post-test). Leptin and insulin levels were measured by ELISA method using ELISA reader and serum glucose was measured by enzymatic method. The insulin resistance index (HOMA-IR) was calculated based on the product of the fasting glucose concentration (mmol/liter) and the fasting insulin (international microunit/mL) divided by a fixed number, 22.5.

Statistical analysis

One-way ANOVA test and Tukey's post-hoc test were used to compare the average variables within the group (pre-test, post-test) and between groups (control and training). Also, Pearson's correlation coefficient was used to examine the relationship between the data.

Results

The results of the one-way ANOVA analysis showed that 6 weeks of training in the subjects of the TR36 group (exercise at a temperature of 36 degrees) caused a significant decrease and in the subjects of the TR22 group (exercise at a temperature of 22 degrees) there was no significant change in leptin indices (P TR22 = 0.21: P TR36 = 0.0421), insulin (P TR22 = 0.068: P = 0.041 TR36) [Chart number one and two] and glucose (P TR22=0.26: P TR36=0.037), body fat percentage (P TR22=0.48: P TR36=0.018), weight (35/35 P TR22=0: P TR36=0.044), average daily energy consumption (P TR22=0.35: P=0.044 TR36) (Table 1). Also, the level of insulin resistance (P TR22=0.55: P TR36=0.063) and body mass index (P TR22=0.89: P TR36=0.56) did not show significant changes in the two exercise groups (Table 1). Despite this, none of the mentioned variables showed significant statistical changes in the control groups (P>0.05). Also, a direct and significant relationship was observed between the changes in body fat percentage with leptin (R TR36=0.044: TR36 P=0.031) and insulin (TR36 R=0.042: TR36 P=0.039) in the TR36 group. In other groups, no significant relationship was observed between the mentioned indicators.

In press

Copyright ©The authors

http://dx.doi.org/10.22049/jahssp.2024.30134.1700

Discussion
According to the results obtained in this research, it was found that after 6 weeks of high intensity interval training in the training group in hot temperature (TR36 group), the level of leptin hormones, insulin and serum sugar, fat percentage and weight of the subjects compared to the groups Control was significantly lower. However, no significant change was observed in the mentioned indicators in the training group at normal temperature (TR22 group) compared to the control groups without training.

Conclusion
According to the results of the present research, it can be stated that probably performing intense interval training in hot weather and in stressful temperature conditions compared to normal weather leads to a greater increase in metabolism during and during the recovery period and has a greater impact on the influencing factors. It affects leptin, including the hormone insulin, fat percentage and body weight.
Keywords: High Intensity Interval Training, Hot temperature, Insulin resistance, Leptin, Men

In press

Copyright ©The authors Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

JAHSSP

http://jahssp.azaruniv.ac.ir/
http://dx.doi.org/10.22049/jahssp.2024.30134.1700

مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش
سال ?، شماره ? ؛
? و ? ؟؟؟؟؛ صفحات ?-؟؟

مقاله پژوهشی **Open Access**

تأثیر شش هفته تمرینات تناوبی با شدت بالا در دمای گرم بر شاخص مقاومت انسولینی و لپتین سرم مردان چاق

احمد شاهسواری [1*]، امیر خسروی [2]، ناصر بهپور [3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۰۲

چکیده

هدف: دمای محیط و تمرینات ورزشی از عوامل تاثیر گذار بر تنظیم وزن بدن می باشند. هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر شش هفته تمرینات تناوبی با شدت بالا در دمای گرم بر شاخص مقاومت انسولینی و لپتین سرم مردان چاق بود. **روش پژوهش:** پژوهش حاضر ازنوع نیمه تجربی با طرح پیش آزمون-پس آزمون بود.۳۲ مرد جوان چاق به ۴ گروه مساوی ۱- گروه TR22 تمرین در دمای ۲۲ درجه،۲- گروه TR36تمرین در دمای ۳۶ درجه ۳- گروه C22 استراحت در دمای ۲۲ درجه،۴- گروه C36 استراحت در دمای ۳۶ درجه تقسیم شدند. گروه های TR36 و TR22 تمرین تناوبی شدید را سه روز در هفته به مدت ۶ هفته و با شـدت ۸۵-۸۰ درصد ضـربان قلـب ذخیره در دو دمای متفاوت انجام دادند. در دو مرحله، قبل و بعد از مداخله غلظت لپتین، انسولین ، گلوکز سرم ، و شاخص های آنتروپومتریک آزمودنی ها، اندازه‌گیری شد. **یافته‌ها:** نتایج پژوهش حاضر نشان داد ۶ هفته تمرین در دمای گرم میزان، لپتین (P =۰/۰۰۱)، انسولین (P =۰/۰۰۱)،گلوکز (P =۰/۰۰۱)، وزن (P =۰/۰۰۱) و درصد چربی بدن (P =۰/۰۰۱) آزمودنی های گروه TR36 را به طور معنی داری در مقایسه با گروه کنترل (گروه C36) کاهش داد. میزان تغییر شاخص های ذکر شده در سایر گروه ها از جمله گروه تمرین در دمای معمولی TR22 معنی دار نبود. همچنین بـین تغییـرات درصـد چربی بدن گروه TR36 با لپتین (P_{TR36}=۰/۰۳۱) و انسولین (P_{TR36}=۰/۰۳۹) ارتباط مستقیم و معناداری مشـاهده شـد. **نتیجه گیری:** انجام تمرینات اینتروال در دمای گرم بر خلاف دمای معمولی موجب کاهش میزان لپتین، انسولین و گلوکز، وزن و درصد چربی در افراد چاق می شود. همچنین به نظر می رسد که کاهش سـطوح لپتـین و انسولینی بـا تغییرات درصد چربی ارتباط دارد.

واژه‌های کلیدی: تمرینات تناوبی با شدت بالا، دمای گرم، مقاومت انسولینی، لپتین، مردان

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

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران.

*(نویسنده مسئول): a58shah@gmail.com

۲. استادیار فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آیت الله بروجردی، بروجرد، ایران.

۳. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

نحوه ارجاع: احمد شاهسواری ، امیر خسروی ، ناصر بهپور." تأثیر شش هفته تمرینات تناوبی با شدت بالا در دمای گرم بر شاخص مقاومت انسولینی و لپتین سرم مردان چاق". مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش. ؟؟؟؟؛ ? (?)،؟-؟؟.

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
شاپای الکترونیکی: ۶۵۰۷-۲۶۷۶
نوع دسترسی: آزاد
DOI: 10.22049/jahssp.2024.30134.1700

Copyright ©The authors

Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

In press

JAHSSP
http://jahssp.azaruniv.ac.ir/
http://dx.doi.org/10.22049/jahssp.2024.30134.1700

مقدمه

طی سی سال گذشته، تعداد افراد چاق در بسیاری از کشورها چهار برابر شده، تخمین زده می شود که تا سال ۲۰۳۰ ، حدود ۳۸ درصد از جمعیت بزرگسال جهان دارای اضافه وزن و ۲۰ درصد دیگر چاق خواهند بود (۱). افراد چاق در خطر ابتلا به بیماری های غیرواگیر مانند مقاومت به انسولین[1] (IR)،دیابت نوع دو[2] (T2D)، بیماری قلبی عروقی[3] (CVD)،سرطان، پرفشاری خون، افسردگی، حوادث مغزی-عروقی، هیپرتری گلیسریدمی[4]، هیپرلیپیدمی[5] و سایر اختلالات مرتبط با سلامت می باشند (۱). چاقی، غالباً به دلیل افزایش بیش از حد بافت چربی سفید اتفاق می افتد. این بافت شبه هورمون های فراوانی را ترشح می کند که آدیپوکاین نامیده می شوند و نقش تعیین کننده ای در فیزیولوژی بدن ایفا می کنند. میزان ترشح آدیپوکاین ها تحت کنترل عواملی مختلف قرار دارد که تعادل انرژی و درصد چربی بدن از مهمترین آن ها هستند. داشتن درصد چربی زیاد، باعث افزایش ترشح آدیپوکین های پیش التهابی و کاهش آدیپوکین های ضدالتهابی می شود(۲).

یکی از آدیپوکاینهای پیش التهابی که نقش اساسی در تنظیم متابولیسم ایفا کرده و از اصلی‌ترین هورمون های کنترل کننده تعادل انرژی و وزن بدن است لپتین می باشد (۲). لپتین به طور عمده به وسیله بافت چربی زیرپوستی و در مقادیر کمتر به وسیله بافت چربی احشایی ترشح شده به شکلی که غلظت آن بـه مـوازات بـالا رفتن ذخایر بافت آدیپوز افزایش می یابد. از جمله وظایف لپتین میتوان به سرکوب اشتها، افزایش مصرف انرژی، تنظیم متابولیسم چربی و گلوکز، هومئوستاز انرژی، ترموژنز و تنظیم مستقیم محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال اشاره کرد. غلظت بالای لپتین خون ارتباط زیادی با چاقی بالا تنـه، عدم تحمل گلوکز، افزایش بیش از حـد تـری گلیـسرید و پـر فـشار خـونی، یعنـی عوامـل سـندرم متـابولیکی دارد. چنـین اختلالات متابولیکی در نهایت می تواند به بیماری قلبی، سـکته و دیابت نوع دوم منجر شود (۲).اگر چه مکانیزم های دقیق کنترل کننده ترشح لپتین هنوز به طـور کامل شناخته نشده است، اما مطالعات نشان داده اند سطح لپتین متاثر از عوامل متعدد چون، جنسیت، سن، عملکرد هورمون ها، رژیم غذایی و ورزش تنظیم می گردد (۲). انسولین مهم ترین و اولین هورمون در رابطه با تغییرات لپتین می باشد، و مهم تر اینکه این دو هورمون به شکل تعاملی در تنظیم غلظت یکدیگر نقش کلیدی دارند. انسولین با اثر بر ژن های بیان کننده هورمون لپتین میزان تولید و یا ترشح این هورمون را کنترل می کند (۳). مشخص شده است که پیک غلظت لپتین پس از افزایش انـسولین در پاسخ به غذا خوردن رخ می دهد و کاهش در سطوح لپتـین به دنبال کاهش انسولین هنگام وضعیت ناشتا رخ می دهد (۳). از سویی مقاومت به لپتین که در چاقی رخ می دهد با افزایش مقاومت به انسولین و گلوکز مرتبط بوده و در وقوع سندرم متابولیک نیز نقش محوری ایفا مـی کنـد. عنوان شده که لپتین از طریق تغییر در حساسیت انسولین در بافت چربی و عضله اسکلتی در حساسیت انسولینی موثر بوده و مستقل از عمل انسولین، با کاهش میزان گلوکز گردش خون، موجب بهبود مقاومت به انسولین می شود. همچنین لپتین از ترشح انسولین جلوگیری می کند و بیان ژن انسولین را از طریق عمل کردن مستقیم روی سلول های جزایر پانکراتیک و غیر مستقیم از طریق افزایش برون ده سیستم عصبی سمپاتیک به پانکراس، کاهش می دهد که در نتیجه سبب کاهش ترشح انسولین می شود. ارتباط مستقیم لپتین با مقاومت انسولین و غلظت گلوکز ناشتا به ویژه در بیماران دیابتی نوع ۲ را گزارش شده به طوری که افزایش سطوح لپتین خون با افزایش مقاومت انسولینی و گلوکز ناشتا همراه است. ارتباط قابل توجهی بین لپتین و انسولین وجود دارد که این تعادل میتواند در بروز چاقی مؤثر باشد زیرا سطوح این دو هورمون در بدن ارتباط مثبتی با وزن بدن و به ویژه با توده چربی دارند (۲). این هورمون ها پس از ورود به هسته های قوسی هیپوتالاموس و اتصال به رسپتورهای خود سبب فعال شدن مسیرهای کاتابولیکی و مهار مسیرهای آنابولیکی می گردند (۲).

اختلال در مسیرهای انتقال پیام این دو هورمون می تواند در مسیرهای کلیدی حفظ تعادل انرژی و هموستاز گلوکز تأثیر گذاشته و منجر به مقاومت به انسولین و ایجاد بیماریها و اختلالات متابولیسمی گردد. همبستگی مثبت شدیدی بین چاقی و مقاومت بـه انسـولین وجود داشته و از سویی مقاومت به انسولین نقش مهمی در ایجاد بیماری هایی چون آتروسکلروز، هپاتوستاتوز[6]، لیپوتوکسی پانکراس و دیابت نوع ۲ دارد (۲). چاقی و بیماری های ناشی از آن از جمله دیابت نوع ۲ علت پایه ای یک سوم از مرگ و میرها در سراسر جهان شناخته شده است (۱)؛ بنابراین پیشگیری و درمان این بیمارهای متابولیک به یکی از مهمترین اولویت های نظام سلامت تبدیل شده است. به طورکلی، سه روش برای پیشگیری و درمان بیمارهای متابولیک مانند چاقی پیشنهاد شده است که عبارت اند از: رژیم درمانی، دارو درمانی و فعالیت ورزشی می باشد. در این میان، بر فعالیت ورزشی به دلیل نداشتن اثرات جانبی و همچنین تأثیرات مثبت فیزیولوژیک و روانشناختی فراوان تأکید شده است. اخیرا ورزشهای اینتروال با شدت بالا[7] (HIIT)، در میـان مـردم محبوبیـت زیـادی یافتـه اسـت، ایـن تمرینـات شـامل تناوب هـای فعالیـت ورزشـی بـا شـدت بسـیار زیـاد با ۸۵ تا ۹۵ درصد ضربان قلب بیشینه و وهله هـای اسـتراحتی فعـال یا غیر فعال اسـت (۴). کار برد تمرینات HIIT عمدتا برای غلبه بر کمبود وقت (تا ۴۰ درصد زمان تمرین کمتر) و در مرحله بعد سایر مزایای این نوع تمرینات در مقایسه با تمرینات هوازی با شدت

1. Insulin Resistance
2. Type 2 Diabetes
3. Cardiovascular Disease
4. Hypertriglyceridemia
5. Hyperlipidemia
6. Hepatosteatosis
7. high-intensity interval training

In Press

Copyright ©The authors
Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

JAHSSP
http://jahssp.azaruniv.ac.ir/
http://dx.doi.org/10.22049/jahssp.2024.30134.1700

متوسط MICT که در گذشته به طور گسترده برای کاهش چربی بدن مورد استفاده قرار می گرفت از جمله کاهش بیشتر توده چربی و وزن بدن، افزایشGlut4 ، افزایش حساسیت انسولینی و ... اشاره کرد (۴). در خلال ورزشهای اینتروال با شدت بالا (HIIT) میزان اکسیداسیون کربوهیدرات در مقایسه با تمرینات یکنواخت با شدت متوسط بیشتر و میزان اکسیداسیون چربی کمتر است با این وجود در خلال ریکاوری مصرف چربی بیشتر و در کل در کاهش چربی بدن موثر تر هستند که بیانگر این نکتهٔ مهم است که شدت تمرینات ورزشی نقش مهمی در تنظیم ترکیب بدن و مصرف چربی در تمرینات ورزشی دارد (۴).

گرچه سهم مطلق و نسبی سوبسترای مصرفی در حین تمرین تا حد زیادی به شدت و مدت تمرین بستگی دارد. با این وجود، عوامل متعدد دیگری از جمله جنس آزمودنی، وعده غذایی پیش از تمرین، مصرفی برخی مکمل ها مثل کافئین، سینفرین[۸] و درجه حرارت محیط تمرین بر نوع و میزان سوبسترای مصرفی حین تمرینات ورزشی اثر گذار هستند (۵). دمای محیط تمرین یکی از عوامل مهم تاثیر گذار بر نوع و میزان سوبسترای مصرفی در حین و پس از تمرین می باشد. هنگامی که بدن در معرض هوای گرم قرار می گیرد به دلیل افزایش دمای مرکزی بدن به ازای هر یک درجه افزایش دما بالاتر از دمای آسایش میزان متابولیسم پایه ۱۰ تا ۱۳ درصدی افزایش می یابد (۶). از سویی ورزش در هوای گرم در مقایسه با ورزش در دمای آسایش[۹] (حدود ۲۳ درجه بالای صفر) احتمالا به دلیل اثر مستقیم دما بر افزایش سرعت واکنش آنزیم های گلیکولیتیک کلیدی، افزایش فعالیت اعصاب سمپاتیک و اپی نفرین پلاسما، همچنین کم آبی که جریان خون عضلانی و در دسترس بودن اکسیژن را کاهش می دهد باعث افزایش اتکای انرژی مصرفی به گلیکوژن و کاهش متابولیسم چربی و در نتیجه افزایش نسبت تبادل تنفسی می شود (۵). با این وجود، افزایش میزان تخلیه گلیکوژن در گرما ارتباط قوی با شدت تمرین ورزشی دارد (۷). ماندر[۱۰] و همکاران (۲۰۲۰) عنوان کردن که میزان استفاده از گلیکوژن عضلانی در حین تمرینات با شدت بالا (۸۰ درصد توان هوازی بیشینه بر روی دوچرخه کارسنج) در هوای گرم (۴۰ درجه) ۴۰۰ درصد در مقایسه با هوای خنک (دمای ۲۰) افزایش و میزان اکسیداسیون چربی ۵۰ درصد کاهش می یابد (۷).

بنابراین انتظار می رود که انجام تمرینات HIIT در هوای گرم در مقایسه با دمای معمول یا آسایش (بین ۲۳-۲۰ درجه بالای صفر) با توجه به تاثیر شگرفی که بر تخلیه منابع گلیکوژنی در حین تکرار های تمرین و مصرف چربی در حین ریکاوری بین تکرار ها دارد و در نتیجه هزینه انرژی بیشتر در حین و پس از تمرین به نحو موثر تری در کاهش وزن و در نهایت تعدیل لپتین و انسولین عمل کند (۸) . با این وجود تحقیقاتی که به بررسی تاثیر یک دوره تمرینات HIIT در گرما بر لپتین و انسولین پرداخته باشند یافت نشد، گرچه تحقیقات متعددی در مورد عوامل موثر بر لپتین و انسولین از جمله درصد چربی و وزن بدن انجام شده است. از جمله زنگ [۱۱]و همکاران (۲۰۱۹) عنوان کردند که یک دوره ۴ هفته ای تمرین هوازی در دمای گرم ۳۶ تا ۳۸ درجه در مقایسه با هوای معمول ۲۲ درجه و خنک تر به طور معنی داری میزان چربی بدن و اشتها را کاهش می دهد (۹). هانی[۱۲] و همکاران (۲۰۱۷) نیز در تحقیقی با ۴۵ آزمودنی مرد و زن چاق و دارای اضافه وزن که ۵ روز در هفته و به مدت ۸ هفته با پوشیدن لباس سونا تمرینات هوازی با سرعت متوسط و بالا را انجام دادند باعث بهبود قابل توجهی در $\dot{V}O2max$ و کاهش توده بدن، چربی بدن، گلوکز سرم، RMR و اکسیداسیون چربی آزمودنی ها در مقایسه با آزمودنی های گروه کنترل تمرین کننده بدون لباس سونا را گزارش کردند (۱۰).

با این وجود نتایج تحقیقات انجام شده در خصوص مقایسه تاثیر تمرینات در هوای گرم نسبت به تمرین در هوای نرمال بر هورمون لپتین بیشتر در مورد اثرات حاد یک جلسه تمرین بوده (۱۱) و تحقیقات محدودی به بررسی اثرات یک دوره تمرین در دمای های گرم بر درصد چربی و وزن و سایر شاخص های غیر مرتبط با موضوع تحقیق پرداخته اند که این تحقیقات نیز برخی با شبیه سازی تمرین در هوای گرم مثل استفاده از لباس سونا جهت افزایش دمای بدن به جای افزایش دمای محیط پرداخته اند (۱۰). و یا اینکه از تمرینات یکنواخت هوازی در هوای گرم استفاده شده است (۹) این تحقیقات هم به دلیل الگوهای متفاوت تمرینی با تحقیق جاری مثل استفاده از لباس سونا و یا تمرین هوازی با شدت یکنواخت ممکن است از نظر هزینه متابولیک و پاسخ های کاتابولیک و آنابولیک با تمرینات اینتروال استفاده شده در تحقیق حاضر متفاوت باشند و میزان اثرگذاری و مکانیزمهای مربوط به این شیوه های تمرینی متفاوت باشند، همچنین تفاوت در جنس، سن، میزان آمادگی جسمانی، طول مدت و شدت پروتکل تمرینی و در انتها دمای محیط متنوع تمرین که به عنوان دمای گرم تعریف شده را می توان از جمله تفاوت های تحقیق جاری با تحقیقات گذشته نام برد. با توجه به ادبیات محدود پژوهش در خصوص تاثیر یک دوره تمرین در گرما بر میزان لپتین و انسولین افراد چاق ، ابهام ها و گستردگی عوامل مرتبط با چاقی و اهمیت و اثر گذاری لپتین و انسولین بر سلامت افراد در این حوزه نیازمند تحقیقات بیشتری می باشد. بنابراین به منظور استفاده از رویکرد متابولیک جامع، هدفمندتر و برتری تحقیق جاری در مقایسه با مطالعات گذشته به ویژه به دلیل عدم تکراری بودن و اهمیت موضوع تحقیق جاری در حوزه پیشگیری و درمان چاقی

8. *p*-synephrine
9. thermoneutral zone
10. Maunder
11. Zhang
12. Haney

Copyright ©The authors
Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University
In press

در تحقیق حاضر بررسی تاثیر یک دوره شش هفته ای تمرینات اینتروال با شدت بالا در۲ دمای هوای گرم ۳۶ و معمول ۲۲ درجه بر غلظت لپتین و انسولین پلاسما و میزان اشتهای مردان چاق پرداخته شده است. مطالعه حاضر در صدد پاسخ به این سوال است که آیا شش هفته تمرینات تناوبی با شدت بالا در دمای گرم بر شاخص مقاومت انسولینی و لپتین سرم مردان چاق تاثیری دارد؟

روش پژوهش

این مطالعه از نوع کاربردی و با طرح نیمه‌تجربی است که با استفاده از طرح پیش آزمون – پس آزمون با داشتن گروه کنترل انجام شد. جامعه آماری این پژوهش مردان جوان چاق با دامنه سنی آزمودنی ها ۲۸ – ۱۸ سال با شاخص توده بدنی ۳۴/۹-۳۰ کیلوگرم بر متر مربع شهر الیگودرز بودند. تعداد کل نمونه مطالعه توسط نرم افزار G*Powerنسخهٔ ۳.۱.۹.۲ با تنظیم برای ANOVAبا سطح خطای۰/۰۵ =α و خطای ۰/۸ =β ۳۲ نفر تخمین زده شد. شرکت کنندگان بر اساس فراخوان همکاری وارد مطالعه شدند. در پی فراخوان ۵۰ نفر برای حضور در مطالعه اعلام آمادگی کردند، ۳۲ مرد جوان چاق داوطلب که حائز شرایط حضور در مطالعه بودند انتخاب شدند و پس از همگن سازی به چهار گروه ۸ نفره: ۱- گروه TR22 تمرین در دمای ۲۲ درجه،۲- گروه TR36 تمرین در دمای ۳۶ درجه ۳- گروه C22 استراحت در دمای ۲۲ درجه،۴- گروه C36 استراحت در دمای ۳۶ درجه تقسیم شدند. طرح پژوهش حاضر توسط کمیتهٔ اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد با کد شناسه اخلاق IR.IAU.B.REC.1398.012 تأیید و تصویب شده است.

شرایط ورود به تحقیق: ورود به تحقیق شامل۱- دامنه سنی ۲۸ – ۱۸ سال (با شاخص توده بدنی ۳۴/۹-۳۰ کیلوگرم بر متر مربع)،۲- غیرورزشکار بودن (نداشتن فعالیت ورزشی منظم حداقل سه روز در هفته در شش ماه گذشته) ۳-عدم هورمون درمانی،۴ -عدم مصرف دارو ۵- عدم مشکلات جسمی (شامل مشکلات حرکتی و ارتوپدیکی که در حرکت آزمودنی‌ها اختلال ایجاد می‌کرد)، ۶-عدم استعمال سیگار، ۷- عدم ابتلا به بیماری‌های مزمن از جمله دیابت، ام اس، و به طور خلاصه برخورداری از سلامت عمومی که توسط پزشک معاینه و تایید شدند.

شرایط خروج از تحقیق: شرایط خروج از تحقیق شامل عـدم حضور آزمودنی در سه جلسه تمرین و یا آسـیب دیـدگی حین انجام تمرینات و یا انصراف از ادامـه شـرکت در پـژوهش در طول دوره تحقیق بود.

پس از انجام معاینات پزشکی که توسط پزشک عمومی انجام شد، مجوز شرکت در برنامه تمرینی توسط پزشک صادر شد. نحوه اجرای آزمون و هدف از انجام پژوهش برای آزمودنی ها توضیح داده شد. در مرحله بعد پرسشنامه اطلاعات فردی و رضایت نامه شرکت اختیاری در تحقیق، از داوطلبان اخذ شد. از شرکت کنندگان درخواست شد در طول دوره ۶ هفته تحقیق، برنامه غذایی خود را تغییر ندهند و در هیچ برنامه تمرین ورزشی غیر از برنامه تحقیق جاری شرکت نداشته باشند و از مصرف هر گونه دارو، مکمل ورزشی و یا غیر ورزشی خودداری کنند. جهت اطمینان از عدم تغییر برنامه غذایی آزمودنی در خلال دروه تحقیق پرسشنامه یادآمد ۲۴ ساعته خوراک[۱۳] در دو مرحله، سه روزه ابتدایی شروع و سه روز قبل از پایان دوره تحقیق در اختیاز آزمودنی ها قرار داده شد و پس از تکمیل توسط آزمودنی ها مورد آنالیز قرار گرفت . شش روز پیش از شروع تحقیق در خلال ۳ جلسه در سه روز جداگانه آزمودنی ها با نحوه صحیح تمرینات و از طرفی سازگاری با دما و شرایط تمرین در محل تمرین حاضر و به شبیه سازی تمرین اصلی (شدت تمرین حداقلی در نظر گرفته شد) پرداختند. همچنین نحوه ی پر کردن برگه ی یاد آمد غذایی آموزش داده شد.

همچنین یک هفته پیش از شروع دوره تحقیق آزمودنی ها برای ارزیابی مقادیر لپتین، انسولین و قند خون در حالت ناشتا (۸ ساعت پس از آخرین وعده غذایی) به آزمایشگاه مراجعه کرده و از آن‌ها خونگیری به عمل آمد و ضربان قلب استراحت و شاخص های ترکیب‌بدنی شامل: درصد چربی بدن، قد و وزن، اندازه‌گیری شد. همچنین پرسشنامه یادآمد ۲۴ ساعته خوراک (جهت اندازه گیری میزان کالری مصرفی) در اختیار آزمودنی ها قرار داده شد. پس از مشخص شدن نتایج آزمایش خون و سایر شاخص های اندازه گیری شده آزمودنی‌های با توجه به، تعداد ضربان قلب استراحت، سن، قد، وزن، درصد چربی بدن، شاخص توده بدنی، لپتین، انسولین و گلوکز سرم در ۴ گروه ۸ نفره همسان سازی و تقسیم شدند. مطابق برنامه زمان بندی شده گروه های تمرین (گروهTR36 و گروه TR22) تمرینات اینتروال را به مدت ۶ هفته در دمای مربوطه انجام دادند و گروه های کنترل (گروه C36 و گروه C22) هر گروه در همان دما و مکان سالن گروه تمرین به استراحت پرداختند. برای بررسی سابقه فعالیت ورزشی (عدم مشارکت در فعالیتهای ورزشی منظم قبل از تحقیق) از پرسشنامه میزان فعالیت بدنی استفاده شد (۱۲). لازم به ذکر است که یک هفته قبل از شروع برنامه تمرینی و ۴۸ ساعت پس از اتمام ۶ هفته برنامه تمرینی؛ نمونه گیری لپتین، انسولین، و قند خون، همچنین شاخص‌های تن سنجی (وزن، BMI و درصد چربی بدن) اندازه‌گیری شد.

پروتکل تمرینی: تمرینات گروه TR22 (تمرین در دمای ۲۲ درجه) و گروه TR36 (تمرین در دمای ۳۶ درجه) شامل تمرین HIIT بود که طی جلسات ۳۱ تا ۳۵ دقیقه ای را به مدت ۶ هفته و ۳ جلسه در سه روز مجزا و در یک نیمه ثابت روز (ساعت ۱۸ عصر) در هفته برنامه ریزی شده بود. در شروع تمام جلسات تمرین، ۱۰ دقیقه به گرم کردن اختصاص داشت. سپس، ۱۶ تا ۲۰ دقیقه تمرین اصلی انجام می شد و پس از آن، پنج دقیقه سردکردن اجرا می گردید. گرم کردن و سرد کردن شامل فعالیت

[13]. 24hr diet recall

In Press

Copyright ©The authors

JAHSSP

http://jahssp.azaruniv.ac.ir/
http://dx.doi.org/10.22049/jahssp.2024.30134.1700

هوازی سبک همراه با کشش های پویا بود. برنامه تمرین اینتروال با شدت بالا (HIIT) شامل وهله های یک دقیقه ای دویدن روی تردمیل (بدون شیب) با شدت ۸۵ تا ۹۵ درصد حداکثر ضربان قلب ذخیره (محاسبه با استفاده از روش کارونن) و یک دقیقه استراحت فعال با شدت ۶۰-۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب در دو دمای ۲۲ درجه و ۳۶ درجه به ترتیب به طور جداگانه برای گروه TR22 و گروه TR36در یک دوره ۶ هفته ای اجرا شد (۱۳).

جهت رعایت اصل اضافه بار، هر دو هفته، یک تکرار به برنامه تمرین اضافه گردید تا در نهایت، در دو هفته آخر تمرین تعداد تکرار ها به ۹ تکرار رسید. بدین شکل که آزمودنی ها هفته اول و دوم ۸ تکرار ۱ دقیقه ای، هفته سوم و چهارم ۹ تکرار ۱ دقیقه ای و هفته پنجم و ششم ۱۰ تکرار یک دقیقه ای را در هر جلسه انجام دادند (بعد از هر تکرار آزمودنی ها یک دقیقه استراحت فعال با شدت ۶۰-۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب داشتند). لازم به ذکر می باشد در طول فعالیت تعداد ضربان قلب از طریق مونیتور دستگاه نوارگردان مشاهده می شد. با افزایش و یا کاهش سرعت دویدن، شدت تمرینات طوری تنظیم می شد که ضربان قلب در محدوده تعیین شده برای هر فرد باشد. پس از رسیدن به این شدت، زمان توسط زمان سنج تردمیل اندازه گیری می گردید. در ادامه در صورت فاصله گرفتن ضربان قلب از محدوده مورد نظر، سرعت نوارگردان متناسب با آن کم یا زیاد می شد تا ضربان دوباره به محدوده مورد نظر برگردد. گروه های کنترل، طی دوره تحقیق در هیچ برنامه تمرینی منظمی شرکت نداشتند. همچنین آزمودنی‌های گروه های کنترل طی دوره تمرین شرایط دمایی گروه تجربی را تجربه کردند .بدین شکل که همراه با گروه های تمرین در سالن تمرین حضور داشتند و به استراحت پرداختند. دمای سالن تمرین با استفاده از وسایل گرما زا (بخاری گازی) و رطوبت با استفاده از رطوبت سنج و دستگاه رطوبت ساز التروسونیک مدل ۱۲۰۰ تنظیم می شد. پوشش تمامی آزمودنی ها (تمرین و کنترل) در حین تمرین در دو دمای گرم و معمول یکسان بود (شورت و تی شرت ورزشی با جنس نخ پنبه). لازم به ذکر می باشد که جهت سهولت تنظیم دمای محیط تمرین تحقیق در نیمه اول زمستان در شهر الیگودرز انجام شد.

روش اندازه‌گیری متغیرها: اندازه‌گیری متغیرهای خونی: در تحقیق حاضر از آزمودنی‌ها در دو مرحله خونگیری (۱۰ سی سی خون از ورید آنتیکیوبیتال دست چپ) در حالت ناشتا و پس از ۱۵ دقیقه استراحت به وضعیت نشسته بین ساعت ۹ – ۸ صبح در محل آزمایشگاه و توسط متخصص آزمایشگاه انجام شد. مرحله اول، یک هفته قبل از شروع تمرینات (پیش آزمون) و مرحله دوم ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین (پس آزمون). لازم به ذکر می‌باشد که از آزمودنی‌ها خواسته شد که ۴۸ ساعت قبل از هر دو مرحله خونگیری، هیچگونه فعالیت ورزشی انجام ندهند. نمونه‌های خونی بلافاصله در لوله‌های حاوی ماده ضد انعقاد EDTAریخته شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه و با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه و در دمای چهار درجه سانتیگراد سانتریفیوژ شدند و بعد از جداسازی سرم بدست آمده مورد آزمایش قرار گرفت. همچنین سطوح لپتین به روش الایزا و با استفاده از کیت های لپتین مدیاگنوست ساخت کشور آلمان با حساسیت ۰/۱ نانو گرم بر میلی لیتر اندازه گیری شد که ضریب تغییرات درون آزمون آن کمتر از پنج درصد بود. برای اندازه‌گیری میزان انسولین از کیت های Radim ساخت آلمان بر حسب میلی گرم در دی سی لیتر و با حساسیت ۱ میلی گرم واحد بین المللی در لیتر (Sensitivity = 1mU/l) و ضریب تغییرات درونسنجی(٪۶/۵ = P_{Intra}) و با استفاده از دستگاه الایزا ریدر اندازه گیری شد. گلوکز سرمی با استفاده از کیت شرکت پارس آزمون، ساخت ایران با حساسیت ۵ میلی گرم دی سی لیتر و با حساسیت ۱ میلی گرم واحد بین المللی در لیتر (Sensitivity = 5mg/dl) و ضریب تغییرات درونسنجی (P_{Intra} =٪۶/۵) و با استفاده از روش آنزیماتیک اندازه گیری شد.

شاخص مقاومت به انسولین: شاخص مقاومت به انسولین (HOMA-IR)بر اساس حاصل ضرب غلظت گلوکز ناشتا (میلی مول بر لیتر) در انسولین ناشتا (میکرو واحد بین المللی بر میلی لیتر) تقسیم بر عدد ثابت ، ۲۲/۵ محاسبه شد. لازم به ذکر است با توجه به اینکه میزان قند خون آزمودنی ها بر حسب میلی گرم در دی سی لیترگزارش شده بنابراین میلی گرم در دی سی لیتر با ضرب در عدد ثابت ۰/۰۵۵۵ تبدیل به میلی مول در لیتر شد و در فرمول فوق قرار گرفت.

اندازه گیری‌های آنتروپومتریک: شاخص توده بدن آزمودنیها، با محاسبه وزن به کیلوگرم بر مجذور قد به متر تعیین شد. برای محاسبه‌ی درصد چربی بدن از فرمول سه نقطه‌ای جکسون و همکاران (۱۹۷۸) با استفاده از کالیپر، در سه ناحیه ضخامت چربی زیر پوستی سه سر بازو، فوق خاصره و ران استفاده شد (۱۴). میانگین اندازه‌ها برای هر نقطه سه بار تکرار و ثبت گردید. قد آزمودنیها نیز توسط قدسنج دیواری (مدل ۴۴۴۰،ساخت شرکت کاوۀ ایران) با دقت ۰/۱ سانتی متر در وضعیت ایستاده در کنار دیوار و بدون پوشش کفش اندازه گیری گردید. وزن بدن با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۱۰ گرم با کمترین پوشش و بدون کفش اندازه گیری شد. به منظور حذف خطای فردی، تمامی اندازه گیری ها توسط یک نفر و هر اندازه گیری سه بار تکرار شد.

اندازه گیری ضربان قلب استراحت: برای محاسبه ضربان قلب هدف ابتدا حداکثر ضربان قلب با استفاده از روش کارونن[سن آزمودنی- ۲۲۰=حداکثر ضربان قلب] به دست آمد. سپس ضربان قلب ذخیره از

In Press

Copyright ©The authors

Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

رابطه[ضربان قلـــب استراحت–ضربان قلب حداکثر] ارزیابی شده و ضربان قلب هدف با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:
(ضربان استراحتی – ضربان بیشینه) درصد شدت تمرین +ضربان قلب استراحتی=شدت (ضربان قلب هدف)
هر هفته ، ضربان قلب استراحتی آزمودنی ها دوباره محاسبه شده و برنامه تمرینی هفته بعد از آن بر اساس ضربان سازش یافته هفته گذشته برنامه ریزی شد. کنترل ضربان قلب در حین تمرینات توسط منیتور تردمیل انجام شد.

تغذیه آزمودنی ها :اطلاعات مربوط به رژیم غذایی آزمودنیها توسط پرسشنامه یاد آمد خوراک ۲۴ ساعته در دو دوره سه روزه (سه روز ابتدای شروع و سه روز پیش از اتمام پروتکل تحقیق) توسط آزمودنی در برگه مخصوص رژیم غذایی ثبت گردید (۱۵). از آزمودنیها خواسته شد تا تمام غذاها و آشامیدنیهایی را که در طول ۲۴ ساعت گذشته مصرف کرده بودند را ثبت کنند. جهت تجزیه و تحلیل داده ها ابتدا مواد غذایی مصرف شده به گرم تبدیل و سپس با استفاده از نرم افزار Food Processor (NIII, FP2) اطلاعات مربوط به رژیم غذایی تجزیه و تحلیل شده و میزان درشت مغذی ها تعیین شد (۱۵).

تجزیه و تحلیل آماری

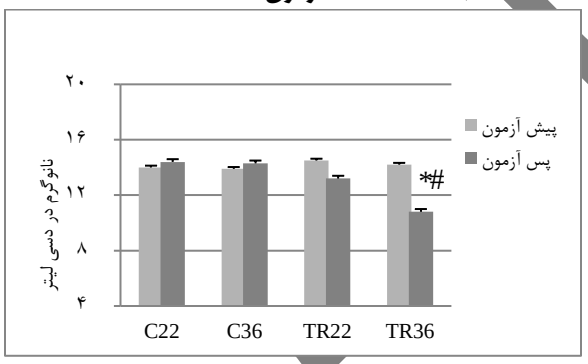
برای ارزیابی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کلموگروف – اسمیرنف و برابری واریانس‌ها از آزمون لوین استفاده شد. همچنین برای مقایسه میانگین متغیرهای درون گروهی (پیش آزمون پس آزمون) و بین گروهی (کنترل و تمرین) از آزمون انوای تک راهه و آزمون تعقیبی توکی استفاده شد همچنین از ضـــریب هبستگی پیرسون برای بررسـی ارتبـاط بـین داده هـا استفاده شد. ضمناً کلیه عملیات آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۵ و با سطح معنی‌داری P < ۰/۵ درنظر گرفته شد.

یافته‌ها

اطلاعات آنتروپومتری آزمودنی‌های تحقیق در دو گروه تجربی و کنترل در دو نوبت پیش‌آزمون و پس‌آزمون در جدول ۱ ذکر شده است. نتایج نشان داد اجرای ۱۲ هفته تمرین تداومی با شدت متوسط با کاهش معنی‌دار وزن بدن، BMI و درصد چربی بدن در گروه تجربی در یافته های آنتروپومتریک و فیزیولوژیـک در جـدول ۱ ارائـه شده است. نتایج نشان داد قبل از شـروع دوره تمرینـات چهار گروه در هیچکدام از متغیرهای فیزیولـوژیکی و بیوشـیمیایی تفاوت معنی داری با هم نداشتند (P ۰/۰۵ <) این یافته نشان می دهد که گروه ها قبل از شروع تمرینات همگن بودند. نتایج بررسی میانگین انرژی مصرفی (در یک دوره ۳ روزه پیش و ۳ روز انتهایی دوره تحقیق کیلوکالری در ۲۴ ساعت)، ضربان قلب استراحت، قد، وزن، درصد چربی بدن، شاخص توده بدنی (BMI) ، و نتایج آزمایش شاخص های خونی لپتین، انسولین و گلوکز همچنین شاخص مقاومت انسولینی به تفکیک ۴ گروه در جدول شماره ۲ نشان داده شده است.

نتایج تحلیل انوای تک راهه نشان داد که ۶ هفته تمرین در آزمودنی های گروه TR36 (تمرین در دمای ۳۶ درجه) موجب کاهش معنادار و و در آزمودنی های گروه TR22 (تمرین در دمای ۲۲ درجه) موجب عدم تغییر معنی دار در شاخص های لپتین (P_{TR22}=۰/۲۱ : P_{TR36}=۰/۰۴۲۱)، انسولین (P_{TR22}=۰/۰۶۸ : P_{TR36}=۰/۰۴۱) [نمودار شماره یک و دو] و گلوکز (P_{TR22}=۰/۲۶ : P_{TR36}=۰/۰۳۷) ، درصد چربی بدن (۰/۴۸= P_{TR22}: P_{TR36}=۰/۰۱۸) ، وزن (P_{TR22}=۰/۳۵ : P_{TR36}=۰/۰۴۴)، ، میانگین انرژی مصرفی روزانه (P_{TR22}=۰/۳۵ : P_{TR36}=۰/۰۴۴) شد (جدول یک). همچنین میزان مقاومت انسولینی (P_{TR22}=۰/۵۵ : P_{TR36}=۰/۰۶۳) و شاخص توده بدن (P_{TR22}=۰/۸۹ : P_{TR36}=۰/۵۶) در دو گروه تمرین تغییر معنی داری نشان نداد (جدول یک). با وجود این هیچکدام از متغیرهای مذکور در گروه های کنترل تغییر آماری معنی داری را نشان ندادند (P >۰/۰۵). همچنین بـین تغییـرات درصـد چربی بدن با لپتین (R_{TR36}=۰/۰۴۴ : P_{TR36}=۰/۰۳۱) و انسولین (R =۰/۰۴۲ :P_{TR36}=۰/۰۳۹) گروه TR36 ارتباط مستقیم و معناداری مشـاهده شـد .در سایر گروه ها ارتباط معنی داری بین شاخص های ذکر شده مشاهده نشد .

نمودار ۱. تغییرات غلظت سرمی لپتین در پیش و پس آزمون



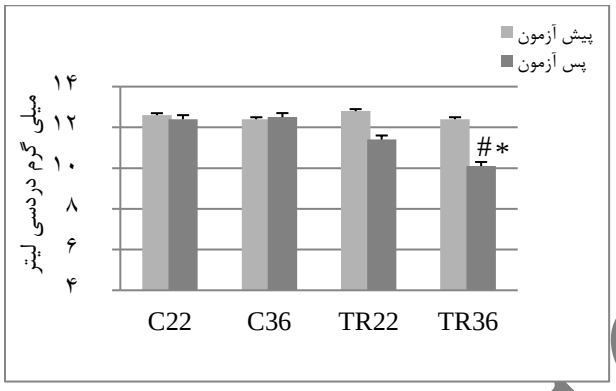
* نشانه تفاوت معنادار نسبت به پیش آزمون P<۰/۰۵ .
# نشانه تفاوت معنادار نسبت به گروه کنترل P<۰/۰۵ .

Copyright ©The authors

JAHSSP

http://jahssp.azaruniv.ac.ir/
http://dx.doi.org/10.22049/jahssp.2024.30134.1700

نمودار ۲. تغییرات غلظت سرمی انسولین در پیش و پس آزمون



*** نشانه تفاوت معنادار نسبت به پیش آزمون P<۰/۰۵ .**

 # نشانه تفاوت معنادار نسبت به گروه کنترل P<۰/۰۵ .

جدول ۱. آماره‌های مربوط به ویژگی‌های تن سنجی آزمودنی‌ها (داده‌ها براساس انحراف معیار ± میانگین)

	کنترل				تمرین			
	C36		C22		TR22		TR36	
متغیر	قبل	بعد	قبل	بعد	قبل	بعد	قبل	بعد
سن (سال)	۲۲/۶±۳	–	۲۳/۱±۲	–	۲۲/۴±۲/۱	–	۲۳/۱±۱/۹	–
قد (cm)	۱۷۶/۲±۳	-	۱۷۵/۳±۴/۲	-	۱۷۶/۵±۴	-	۱۷۷/۱±۵	-
وزن (kg)	۹۶/۱±۶	۹۵/۲±۵/۵	۹۷±۵	۹۷/۵±۵/۱	۹۷/۵±۵/۸	۹۴/۵±۴/۲	۹۶/۳±۵/۵	۹۱/۸±۳/۲#*
شاخص توده بدن (kg/m^2)	۳۱/۶±۱	۳۱/۵±۱/۲	۳۱/۶±۱/۲	۳۱/۷±۱/۳	۳۱/۳±۰/۸	۳۰/۲±۰/۷	۳۰/۷±۰/۷	۲۹/۳±۱
چربی بدن (درصد)	۳۴/۸±۲/۷	۳۳/۸±۲/۵	۳۴±۳	۳۴/۳±۳/۲	۳۵±۲	۳۳±۱/۸	۳۴/۹±۴	۳۰/۴±۳/۲#*
ضربان قلب استراحت	۷۴/۱±۱۰	–	۷۶/۲±۸/۸	–	۷۳/۷±۱۱/۱	–	۷۵/۳±۷/۱	–
مقاومت به انسولین	۲/۷۲±۰/۷۵	۲/۷۷±۰/۷۴	۲/۷۶±۰/۶۵	۲/۷۲±۰/۷۳	۲/۷۸±۰/۶۹	۲/۴۵±۰/۵۹	۲/۷۱±۰/۶۵	۲/۰۹±۰/۴۶
انسولین (میکروواحد بر میلی لیتر)	۱۲/۴±۲/۶	۱۲/۵±۲/۷	۱۲/۶±۲/۳	۱۲/۴±۲/۵	۱۲/۸±۲/۴	۱۱/۴±۲/۲	۱۲/۴±۲/۱	۱۰/۱±۱/۸#*
گلوکز (میلی گرم بر دی سی لیتر)	۸۹±۴/۷	۹۰±۳/۶	۸۸/۷±۴/۲	۸۹/۱±۴/۹	۸۸/۲±۴/۳	۸۷±۳/۶	۸۸/۸±۵/۲	۸۴/۱±۲/۹#*
لپتین (نانو گرم /میلی لیتر)	۱۴±۲/۹	۱۴/۴±۳/۱	۱۳/۹±۳/۵	۱۴/۳±۴/۱	۱۴/۵±۲/۱	۱۳/۲±۱/۹	۱۴/۲±۳/۱	۱۰/۵±۲/۱#*
میانگین انرژی مصرفی کیلوکالری در ۲۴ ساعت	۲۷۱۲±۲۵۱	۲۷۲۴±۲۶۹	۲۷۳۱±۲۴۸	۲۷۴۱±۲۷۳	۲۷۰۰±۲۶۹	۲۶۵۳±۲۵۱	۲۶۹۱±۲۴۳	۲۵۰۱±۱۹۴#*

C36=گروه استراحت در دمای ۳۶ درجه ، C22 =گروه استراحت در دمای ۲۲ درجه، TR22 =گروه تمرین در دمای ۲۲ درجه، TR36= گروه تمرین در دمای ۳۶ درجه، *تفاوت معنادار در هر گروه (پس آزمون نسبت به پیش آزمون) # تفاوت معنادار گروه تمرین کرده نسبت به گروه کنترل

In press

Copyright ©The authors Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

بحث

هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر شش هفته تمرینات تناوبی با شدت بالا در دمای گرم بر شاخص مقاومت انسولینی و لپتین سرم مردان چاق بود. طبق نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر مشخص شد که متعاقب ۶ هفتـه تمرین اینتروال با شدت بالا در گروه تمرین در دمای گرم (گروه TR36) میزان هورمون های لپتین، انسولین و قند سرم، درصد چربی و وزن آزمودنی ها در مقایسه با گروه های کنترل به طور معنی داری کمتر بود. با این وجود در شاخص های ذکر شده در گروه تمرین در دمای معمول (گروه TR22) تغییر معنی داری نسبت به گروه های کنترل بدون تمرین مشاهده نشد.

نتایج پژوهشهای انجام شده در بررسـی تـاثیر تمرینـات ورزشی بر غلظت لپتـین ضـد و نقـیض هسـتند. در برخی مطالعات همسو با نتایج تحقیق حاضر در خصوص گروه TR22 عدم تغییر سطوح لپتین مشـاهده شـده اسـت. منجمله کاظمی و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی با بررسی اثرات ۶ هفته تمرینات اینتروال شدید بر غلظت سرمی لپتین، گلوکز و درصد چربی بدن کشتی گیران جوان دریافت، تمرین تناوبی شدید سبب تغییرات معنادار در سطوح لپتین و درصد چربی بدن این کشتی گیران نشد (۱۶). همچنین منیخ و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی به بررسی تاثیر ۶ هفته تمرینات مقاومتی بر ترکیب بدن، لپتین سرم عنوان کردند که تغییرات لپتین سرمی و ترکیب بدن (درصد چربی و توده بدون چربی) گروه تجربی از نظر آماری معنی دار نبود. این محققان نتیجه گرفتند که عدم تغییر میزان لپتن سرمی به دلیل عدم تغییر در درصد چربی بدن و کافی نبودن دوره تمرین است (۱۷). با این همه پژوهشهـا عمـدتاً بر کـاهش سـطح لپتـین پلاسـما پـس از تمرینـات طولانی مدت اذعان دارند. بـرای مثـال مـی تـوان بـه یافته های پور رنجبر و همکاران (۲۰۱۸) اشاره کرد که در بررسی تاثیر تمرینات HIIT به مدت ۸ هفته و ۵ جلسه در هفته نشان دادند که این تمرینات باعث کاهش سطوح لپتین در بافت چربی احشایی و انسولین پلاسمایی شد. محققین دلیل یافته های پژوهش را کاهش وزن و درصد چربی بدن موش های ویستار در مقایسه با گروه کنترل عنوان کردند (۱۸). همچنین لو مینگ و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که ۱۲ هفته تمرین اینتروال سه جلسه در هفته منجر به کاهش لپتین سرم و شاخص های التهابی التهابی نظیر IL-6،TNF-α و کاهش درصد چربی بدن و وزن، بهبود نیمرخ لیپیدی سرم دانشجویان چاق شد. محققان کاهش میزان چربی و وزن را یکی ازدلایل مهم کاهش لپتین سرم عنوان کردند(۱۹).

بنابراین بـا توجـه بـه ارتبـاط مستقیم غلظت لپتین با تغییرات وزن، چاقی و بافت چربی و این مورد که کاهش درصد چربی یکی از مهم ترین عوامل مرتبط با کاهش سطح لپتین است، تفاوت در نتایج به دست آمده در درجه اول به ظرفیت ورزش در کاهش وزن و توده چربی بدن نسبت داده شده اسـت (۲۰). چـرا کـه ورزش و کـاهش وزن بـه صـورت هـمکـار و از طریـق مکانیسمهایی کاملاً مجزا ولی مـرتبط، بـه واسـطه کـاهش در ذخایر چربی و یا تغییر در عملکرد سلولهای بافت چربی بـه عنوان یک ارگان اندوکرین ترشح کننـده ادیپوسـایتوکاین هـای پیش التهابی نظیر IL-6،TNF-α و لپتین، در ایـن مهـم نقـش دارند. IL-6 و TNF-αبه طور مستقیم و یـا بـه واسـطه افزایش سنتز و ترشح CRPدر کبد، تولیـد لپتـین را تحریـک می کنند (۲۱). بنابراین اگر رژیم تمرینـی بـه کـاهش در حجم سلولهای چربی و یا بهبود عملکرد این سلولها منجر نشـود، توانایی ورزش در تعدیل سطح ادیپوکاینها، مقاومت انسولینی و التهاب محدود شده یا به طور کلی دیده نمی شود (۲۲). به عبارتی یک برنامه ورزشی باید به اندازه کافی طولانی مدت (دوره تمرین) و دارای حجم تمرین مناسب (شدت، مدت و تکرار) باشد که منجر به کاهش درصد چربی بدن شده و در نتیجه بتواند بر غلظت لپتین موثر باشد (۲۳). نتایج مطالعه داوریس و همکاران (۲۰۰۸) مبنـی بـر عـدم تغییـر در سطوح پلاسمایی شاخصهای التهـابی ماننـد ، CRP IL-6،TNF-α، و لپتـین در غیـاب تغییـر در وزن و ترکیـب بـدن در آزمودنیهـای چـاق پـس از شـرکت در ۱۲ هفتـه تمرینـات استقامتی، این مطلب را تایید می کند (۲۴). همچنین سایر یافته تحقیق حاضر در خصوص گروه تمرین TR22که نشان داد ۶ هفته تمرینات اینتروال در هوای معمول تغییر معنی داری در وزن و درصد چربی بدن و در نتیجه میزان لپتین، انسولین و گلوکز سرم آزمودنی ها ایجاد نکرد موید این ایده می باشد. در مقابل رنجبر و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند بین کاهش لپتین پلاسما پـس از اجرای تمرینات HIIT به مدت ۵ هفته و ۵ جلسه در هفته در موش های ویستار بـا تغییـرات وزن و محتـوای چربی بدن همبستگی وجود دارد (۱۸). بنابراین با توجه به کاهش معنی دار شاخصهـای آنتروپومتریک (وزن و درصـد چربـی بـدن) در پـژوهش حاضـر در گروه تمرین در گرما (TR36) و عدم تغییر معنی دار این شاخص ها در گروه تمرین در دمای معمول TR22 و سایر گروه های کنترل و از سویی مشاهده رابطه معنی دار بـین تغییـرات غلظـت لپتـین و متغیرهـای آنتروپومتریک ماننـد: وزن و درصد چربی بدن احتمالاً تغییر در وزن و درصد چربی بدن میتواند یکی از عوامل موثر در پاسـخ کاهشـی لپتـین پس از اجرای ۶ هفته تمرین اینتروال در هوای گرم باشد.

اگر چه تغییر در درصد چربی بدن به طور مستقیم با تاثیر بر سنتز و رهایش لپتین بر میزان این شاخص تاثیر می گذارد اما به نظر می رسد که تغییر در میزان چربی بدن در نتیجه یک دوره فعالیت ورزشی با تاثیر بر میزان ترشح هورمون های مختلف به طور غیر مستقیم نیـز بـر تنظـیم سـطح لپتـین بعـد از ورزش تاثیرگذار باشد. انسولین میتواند یکی از این هورمون ها باشد (۲۰). انسولین مضـاف بـر آثـار محیطـی آنابولیـک بـر درشت

In Press

Copyright ©The authors

JAHSSP
http://jahssp.azaruniv.ac.ir/
http://dx.doi.org/10.22049/jahssp.2024.30134.1700

مغذی ها، با کاهش دریافت غذا و افزایش مصـرف انـرژی به صورت آنتاگونیسـت با لپتین، بـه عنوان دومین سیگنال مرکزی در کنترل وزن بدن عمل می کنـد. بنابراین تشابه عملکرد کاتابولیکی ایـن دو هورمـون احتمـال وجود تعدیل همزمان بین انسولین و لپتین را قویتر می کند (۲۵). انسولین ترشح لپتین از بافت چربی را تحریک می کند و سطح پلاسمایی لپتین را افزایش می دهد در واقع ورود گلوکز به داخل سلول چربی با واسطه انسولین موجب تحریک ترشح لپتین می شود (۲۵). بـه طوری که ورزش و فعالیت بدنی از طریق افزایش توده عضلانی (بیش از ۷۵ درصد برداشت گلوکز ناشی از تحریک انسولین مربوط به بافت عضلانی است)، کاهش توده چربی بدن و افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب از تجمع چربی در سلول های عضلانی و ایجاد اختلال در انتقال پروتئین های ناقل گلوکز (GLUT-4) جلوگیری کرده و از سویی با افزایش در بیان ژنی و تولید گیرنده انسولین و پروتئین ناقل گلـوکز (GLUT-4)، بهبود پیامرسانی داخل سلولی انسولین باعث افـزایش تحویـل گلوکز به عضلات و تغییـر در افـزایش تمایـل عـضلات بـه گلوکز در دسترس شده و متابولیسـم سلولی گلوکز در عضلات شده و در نتیجه حساسیت انسـولینی را بهبود بخشیده که در کـاهش غلظـت لپتین پـس از یک دوره فعالیت ورزشی نقش موثری دارد (۲۵). در تحقیقات مختلفی متعاقب یک دوره فعالیت ورزشی کاهش غلظت لپتین به کاهش انسولین در نتیجه بهبود حساسیت انسولینی ربط داده شده است (۲۵). دیگر یافته پژوهش حاضر در خصوص کاهش مشاهده شد در سطح انسولین و گلوکز سرم و در نتیجه بهبود حساسیت انسولینی توائم با کاهش لپتین سرم در گروه TR36 و عدم تغییر معنی دار این شاخص ها در گروه TR22 متعاقب ۶ هفته تمرین اینتروال تایید کننده تحقیقات گذشته می باشد.

بنابراین در کل می توان نتیجه گرفت که تمرینات ورزشی که باعث کاهش درصد چربی می شوند از طریق تغییرات هورمونی ناشی از کاهش چربی بدن از جمله انسولین، موجب کاهش میزان لپتین سرم آزمودنی های می شود. بنابراین با توجه به اینکه تمرین در گرما در گروه TR36موجب کاهش معنی دار در درصد چربی و وزن بدن آزمودنی ها بر خلاف تمرین در دمای معمول در گروه TR22 شده میزان لپتین و انسولین به عنوان یک هورمون مرتبط با تغییر لپتین تعدیل شده اند و در مقابل با عدم تغییر معنی دار درصد چربی و وزن بدن در گروه تمرین در دمای معمول می توان عدم کاهش شاخص های ذکر شده را انتظار داشت. نتایج حاصل از تحقیق حاضر در خصوص تاثیر بیشتر تمرینات ورزشی در گرما در مقایسه با تمرین ورزشی در دمای معمول بر درصد چربی و وزن بدن با نتایج تحقیق زنگ [14] و همکاران (۲۰۱۹)، هانی[15] و همکاران (۲۰۱۷) همسو می باشد (۹, ۱۰). در این خصوص. همچنین زنگ و همکاران (۲۰۱۹) عنوان کردند که یک دوره ۴ هفته ای تمرین هوازی در دمای گرم ۳۶ تا ۳۸ درجه در مقایسه با هوای معمول ۲۲ درجه و خنک تر به طور معنی داری میزان چربی بدن و اشتها کاهش نشان داد (۹). هانی و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیق با ۴۵ آزمودنی مرد و زن چاق و دارای اضافه وزن که ۵ روز در هفته و به مدت ۸ هفته با پوشیدن لباس سونا تمرینات هوازی با سرعت متوسط و بالا را انجام دادن باعث بهبود قابل توجهی در $\dot{V}O2max$ و کاهش توده بدن، چربی بدن، گلوکز سرم، RMR و اکسیداسیون چربی آزمودنی ها در مقایسه با آزمودنی های گروه کنترل تمرین کننده بدون لباس سونا شد (۱۰).

با اینکه سازوکارهای مسئول بهبود شاخصهای ترکیب بدنی و تن سنجی مانند کاهش وزن و درصد چربی بدنی پس از فعالیتهای ورزشی هنوز به طور کامل شناخته نشده اند، اما به نظر می رسد سازگاری های متابولیکی مانند افزایش اکسیداسیون چربی، افزایش متابولیسم پایه و افزایش مصرف اکسیژن پس از ورزش میتوانند مسئول این پدیده باشند (۲۶). به نظر میرسد که شدت ورزش عامل تعیین کننده ای برای هورمونهای لیپولیتیک و در نتیجه افزایش اکسیداسیون چربی به شمار می رود، به طوریکه مشخص شده است که برخی از این هورمونها مانند کاتکولامینها و هورمون رشد با افزایش شدت ورزش افزایش چشمگیرتری خواهند داشت که به افزایش آنزیمهای لیپولیتیک در پلاسما و بافت چربی منجر می شود و لیپولیز را در بافتهای چربی از طریق گیرنده های بتا آدرنرژیک افزایش می دهد و به بهبود مؤثرتر ترکیب بدن در افراد چاق و غیرفعال می انجامد. علاوه بر این گزارش شده است که میزان مصرف چربی در بزرگسالان در دورهٔ ریکاوری با شدت تمرین قبلی همبستگی مثبت و معناداری دارد، به طوریکه نشان داده شده است که افزایش مصرف چربی در طی ریکاوری بعد از برنامهٔ HIIT با آزادسازی هورمون رشد (که موجب افزایش لیپولیزدر چربی احشایی می شود) در ارتباط است (۲۶). به شکلی که پس از قطع تمرین تناوبی میزان متابولیسم برای یک دوره زمانی (یک الی دو ساعت و یا تا ۱۴ ساعت برای تمرینات با شدت بالا) بالا باقی می ماند. در طول این دوره زمانی سرعت لیپولیز و اکسیداسیون چربی بالا باقی می ماند و از طریق تحریک گیرنده ی بتا آدرنرژیک ذخایر گلیکوژنی عضله و کبد بازسازی می شود. در نتیجه تمرین تناوبی با شدت بالا برای دستیابی به کاهش چربی بدن مفید و موثر واقع می شود. در تحقیقات متعددی ثابت شده که تمرین در گرما در مقایسه با تمرین در هوای نرمال موجب افزایش بیشتر کاتکولامین های و هورمون رشد می شود در نتیجه تمرین در گرما احتمالا نتایج بیشتری در مقایسه با تمرین در دمای معمول بر ترکیب بدن دارند (۲۷).

14. Zhang
15. Haney

Copyright ©The authors
Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

In Press

از سویی گرچه در تمرینات تناوبی با شدت بالا با افزایش نرخ بالای هورمونی (کورتیزول و کاتکولامین) برای تسریع لیپولیز بافت چربی همراه است و با توجه به زمان کمتر HIIT لزوما با افزایش نرخ بالای اکسیداسیون FFA همراه نیست. در تمرینات تناوبی با شدت بالا در مقایسه با تمرینات تداومی کربوهیدرات بیشتری مصرف می شود. بنابراین گرچه به نظر نمی رسد تمرینات تناوبی منجر به افزایش حداکثر لیپولیز و اکسیداسیون FFA شود اما این نوع تمرینات ورزشی پتانسیل بیشتری برای کاهش گلیکوژن عضلانی نسبت به تمرینات MICT در حین تمرین ورزشی دارند و احتمالا یکی از دلایل اثر گذاری HIIT بر کاهش چربی بدن باز سازی ذخایر گلیکوژن عضلانی پس از اتمام تمرین ورزشی است (۲۶). تحقیقات متعددی گزارش کرده اند که تمرین در دمای گرم در مقایسه با دمای معمول و خنک موجب افزایش اتکای انرژی مصرفی به گلیکوژن عضلانی می شود. در واقع دمای محیط تمرین یکی از مهم ترین و حیاتی ترین عوامل موثر بر گلیکوژن مصرفی عضلات در حین تمرین می باشد . در برخی تحقیقات گزارش شده که میزان استفاده از گلیکوژن عضلانی در حین تمرینات با شدت بالا (۸۰ درصد توان هوازی بیشینه بر روی دوچرخه کارسنج) در هوای گرم (۴۰ درجه) ۴۰۰ درصد در مقایسه با هوای خنک (دمای ۲۰) افزایش می یابد (۷).

در اتکای بیشتر به گلیکوژن مصرفی به عنوان سوبسترای مصرفی در خلال تمرینات ورزشی در دمای گرم چندین عامل نقش کلیدی دارند از جمله تاثیر مستقیم گرما بر افزایش فعالیت آنزیم های گلیکولیتکی کلیدی که سرعت واکنش آنها نقش حیاتی در سرعت گیلوکلیز دارد (تاثیر بر q10) همچنین افزایش در فعالیت اعصاب سمپاتیک و اپی نفرین پلاسما که منجر به فعال سازی فسفوریلاز گیلکوژن عضلانی می شود و در انتها آب زدایی که منجر به کاهش جریان خون عضلات و اکسیژن در دسترس که باعث ایجاد عدم تعادل انرژی و در نتیجه تحریک فسفوریلاز گیلکوژن می شود (۲۸). بنابراین تمرین تناوبی در گرما در مقایسه با تمرین در هوای معمول با توجه به اینکه منجر به مصرف چشمگیر تر گلیکوژن عضلانی در خلال تمرین می شود و از سویی در حین ریکاوری نیز باید منابع تخلیه شده گلیکوژنی بیشتری را باز سازی کند در نتیجه نیاز به مصرف انرژی بالاتر داشته که در نهایت منجر به کاهش وزن بیشتر در فرد تمرین کنند در گرما می شود.

از سوی عنوان شده که در تحت استرس گرمایی، اعصاب سمپاتیک برانگیخته می شوند، در حالی که اعصاب پاراسمپاتیک سرکوب می شوند و عملکرد دستگاه گوارش به دلیل کاهش جریان خون در ناحیه امعاء و احشاء[16] باعث کاهش نسبت گرلین کل به گرلین آسیله و در نتیجه کاهش اشتها آزمودنی های می شود. بنابراین، ممکن است در مقایسه با محیط های سردتر، اشتها و غلظت هورمون های تنظیم کننده اشتها در حین ورزش در گرما یا حتی در هنگام استراحت در گرما به میزان بیشتری کاهش یابد. بنابراین تعادل منفی بین کالری دریافتی و مصرفی ایجاد می شود که می تواند باعث افزایش مصرف انرژی و کاهش چربی و وزن بدن و در نتیجه کمک به کاهش لپتین ، انسولین و گلوکز سرم در آزمودنی ها می شود (۲۹). گرچه در تحقیق حاضر میزان اشتها اندازه گیری نشد که یکی از نقاط ضعف تحقیق حاضر می باشد با این وجود محققان مختلفی از جمله وس و همکاران (۲۰۱۳) کاهش میزان اشتها متعاقب تمرین در گرما را گزارش کرده اند (۲۹).

بنابراین در مجموع با تکیه بر نتایج تحقیقات گذشته نتایج تحقیق حاضر را می توان اینگونه توجیح کرد که دلیل تاثیر موثر تر تمرین در گرما در مقایسه با دمای معمول بر کاهش وزن و چربی بدن و در نتیجه کاهش بیشتر لپتین ، انسولین و گلوکز خون می تواند به علت افزایش چشمگیر تر مصرف گلیکوژن در حین تمرین و در نتیجه نیاز به باز سازی بیشتر گلیگوژن مصرف شده در حین تمرین در دوره ریکاوری و تاثیر بیشتر بر واکنش هورمون های رشد و کاتکولامین ها جهت تنظیم سوخت و ساز فعالیت در گرما و از سویی تاثیر گرما بر کاهش اشتها را ذکر کرد.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج پژوهش حاضر، می‌توان چنین اظهار داشت که احتمالاً انجام تمرینات اینتروال شدید در هوای گرم ودر شرایط دمایی استرس زا در مقایسه با هوای نرمال منجر به افزایش بیشتر متابولیسم در حین، و در دوره ریکاوری شده و تاثیر بیشتری بر عوامل اثرگذار بر لپتین از جمله هورمون انسولین، درصدچربی و وزن بدن دارد.

تشکر و قدردانی

از تمامی آزمودنی‌های شرکت کننده و کسانی که ما را در اجرای این تحقیق یاری رساندند، نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

تضاد منافع

نویسندگان این مقاله، هیچ نفع متقابلی از انتشار آن ندارند.

1. Allen LN, Wigley S, Holmer H, Barlow P. Non-communicable disease policy implementation from 2014 to 2021: a repeated cross-sectional analysis of global policy data for 194 countries. The lancet global health. 2023;11(4):e525-e33.
2. Kirichenko TV, Markina YV, Bogatyreva AI, Tolstik TV, Varaeva YR, Starodubova AV. The role of adipokines in inflammatory mechanisms of

16. splanchnic

In press

Copyright ©The authors

13. Katsagoni CN, Georgoulis M, Papatheodoridis GV, Panagiotakos DB, Kontogianni MD. Effects of lifestyle interventions on clinical characteristics of patients with non-alcoholic fatty liver disease: A meta-analysis. Metabolism. 2017;68:119-32.
14. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. British journal of nutrition. 1978;40(3):497-504.
15. Lazzer S, Vermorel M, Montaurier C, Meyer M, Boirie Y. Changes in adipocyte hormones and lipid oxidation associated with weight loss and regain in severely obese adolescents. International journal of obesity. 2005;29(10):1184-91.
16. Kazemi A, Eslami R, Ghayed Ali M, Ghanbarzadeh M. Effects of 6 weeks of low volume high intensity interval training on serum levels of leptin, glucose, and body fat in young wrestlers. Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences. 2015;20(2):70-7.
17. Monikh K, Kashef M, Azad A, Ghasemnian A. Effects of 6 weeks resistance training on Body Composition, serum Leptin and muscle strength in non-athletic men. Internal Medicine Today. 2015;21(2):135-40.
18. Pourranjbar M, Kazemi A, Arab M-j. Effect of High Intensity Interval Training (HIIT) on visceral and subcutaneous levels of leptin and plasma insulin and glucose in male Wistar rats. 2019.
19. Lu M-y. Effects of high-intensity interval training on lipid metabolism and chronic inflammation in obese organism. 2020.
20. 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 medicine. 2018;48:1437-50.
21. Clemente-Suárez VJ, Redondo-Flórez L, Beltrán-Velasco AI, Martín-Rodríguez A, Martínez-Guardado I, Navarro-Jiménez E, et al. The role of adipokines in health and disease. Biomedicines. 2023;11(5):1290.
22. Batrakoulis A, Jamurtas AZ, Metsios GS, Perivoliotis K, Liguori G, Feito Y, et al. Comparative efficacy of 5 exercise types on cardiometabolic health in overweight and obese adults: a systematic review and network meta-analysis of 81 randomized controlled trials. Circulation: Cardiovascular Quality and Outcomes. 2022;15(6):e008243.
23. Ouerghi N, Feki M, Bragazzi NL, Knechtle B, Hill L, Nikolaidis PT, et al. Ghrelin response to obesity. International Journal of Molecular Sciences. 2022;23(23):14982.
3. Saeidi A, Haghighi MM, Kolahdouzi S, Daraei A, Abderrahmane AB, Essop MF, et al. The effects of physical activity on adipokines in individuals with overweight/obesity across the lifespan: A narrative review. Obesity reviews. 2021;22(1):e13090.
4. Sanca-Valeriano S, Espinola-Sánchez M, Caballero-Alvarado J, Canelo-Aybar C. Effect of high-intensity interval training compared to moderate-intensity continuous training on body composition and insulin sensitivity in overweight and obese adults: A systematic review and meta-analysis. Heliyon. 2023.
5. Charoensap T, Kilding AE, Maunder E. Carbohydrate, but not fat, oxidation is reduced during moderate-intensity exercise performed in 33 vs. 18° C at matched heart rates. European Journal of Applied Physiology. 2023;123(9):2073-85.
6. Landsberg L. Core temperature: a forgotten variable in energy expenditure and obesity? Obesity reviews. 2012;13:97-104.
7. Maunder E, Plews DJ, Merien F, Kilding AE. Exercise intensity regulates the effect of heat stress on substrate oxidation rates during exercise. European Journal of Sport Science. 2020;20(7):935-43.
8. Matthews AR, Astorino TA, Crocker GH, Sheard AC. Acute effects of high-intensity interval exercise while wearing a sauna suit on energy expenditure and excess post-exercise oxygen consumption. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2022.
9. An H, Zhang Y, Zhang S, Guo Y. Influence of Training Environment Temperature on Obesity Patients Trying to Lose Weight. 2019.
10. Haney DE, Owen A, Fargo JS, Harrison SN, Chevalier MK, Buchanan CA, et al. Health-Related Benefits of Exercise Training with a Sauna Suit: A Randomized, Controlled Trial. International Journal of Research in Exercise Physiology. 2017;13:21-38.
11. Charlot K, Faure C, Antoine-Jonville S. Influence of hot and cold environments on the regulation of energy balance following a single exercise session: a mini-review. Nutrients. 2017;9(6):592.
12. Sagelv EH, Hopstock LA, Johansson J, Hansen BH, Brage S, Horsch A, et al. Criterion validity of two physical activity and one sedentary time questionnaire against accelerometry in a large cohort of adults and older adults. BMJ Open Sport & Exercise Medicine. 2020;6(1):e000661.

In press

Copyright ©The authors

Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

acute and chronic exercise: Insights and implications from a systematic review of the literature. Sports medicine. 2021;51(11):2389-410.
24. Devries MC, Hamadeh MJ, Glover AW, Raha S, Samjoo IA, Tarnopolsky MA. Endurance training without weight loss lowers systemic, but not muscle, oxidative stress with no effect on inflammation in lean and obese women. Free radical biology and medicine. 2008;45(4):503-11.
25. Athanasiou N, Bogdanis GC, Mastorakos G. Endocrine responses of the stress system to different types of exercise. Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders. 2023;24(2):251-66.
26. Maillard F, Pereira B, Boisseau N. Effect of high-intensity interval training on total, abdominal and visceral fat mass: a meta-analysis. Sports Medicine. 2018;48:269-88.
27. Brenner I, Zamecnik J, Shek P, Shephard R. The impact of heat exposure and repeated exercise on circulating stress hormones. European journal of applied physiology and occupational physiology. 1997;76:445-54.
28. Fernandez-Elias V, Hamouti N, Ortega J, Mora-Rodriguez R. Hyperthermia, but not muscle water deficit, increases glycogen use during intense exercise. Scandinavian journal of medicine & science in sports. 2015;25:126-34.
29. Wasse LK, King JA, Stensel DJ, Sunderland C. Effect of ambient temperature during acute aerobic exercise on short-term appetite, energy intake, and plasma acylated ghrelin in recreationally active males. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. 2013;38(8):905-9.

In press

Copyright ©The authors
Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University