University of Birjand

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport Research Paper

Summer 2022, 10(22), 74-85

Received: Dec 26, 2020 Revised: Mar 11, 2021 Accepted: Mar 13, 2021

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport

Comparison of the effect of different order of endurance and strength concurrent training on the level of the lipocalien-2 and insulin resistance in inactive obese women

Somaye Maheri[1], Sirvan Atashak[2*], Reza Roshdi Bonab[3]

1. MSc Student, Department of Exercise Physiology, Bonab Branch, Islamic Azad University, Bonab, Iran.
2. Associate Professor, Department of Exercise Physiology, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Exercise Physiology, Bonab Branch, Islamic Azad University, Bonab, Iran.

Abstract

Background and Aim: The regular exercise training has been recommended as a preferred strategy and effective approach to reduce of the inflammatory cytokines such as lipocalin- 2 (Lcn2), and also can improve of the insulin resistance in obese individuals. Therefore, due to the findings limitation on the different order of concurrent endurance and strength training and the effect of the this area, the aim of the study was to compare the effect of different order of endurance and strength concurrent training on body composition, insulin resistance and serum level of the Lcn2 in inactive obese women. **Materials and Methods**: Fourty five inactive obese women in a semi-experimental with pre-test and post-test design purposefully participated and randomly divided into three groups including control (n=15), resistance + endurance training (n=15) and endurance + strength training (n=15) group. Training program was performed 12 weeks and 3 times per week. The endurance training also was performed 20 minutes running on treadmill in each session with 55-75% HRmax intensity as the same for strength training it was included two sets on eight stations with 8-15 repetitions up to 55-75% one repetition maximum. Body composition indices and fasting blood serum samples were measured 48 hours before the start of training and also after the last training session. For statistical analysis paired samples t-test and analysis of covariance at the significant level of $p<0.05$ were used. **Results**: The results indicated both type of exercise training could significantly decreased the body composition indices (weight, body fat percent, body mass index, waist to hip ratio), insulin resistance (HOMA-IR) and concentration of the serum Lcn2 ($p<0.05$). But there were no significant differences between two concurrent training methods ($p>0.05$), and these biomarkers did not show any significant change in the control group ($p>0.05$). **Conclusion**: The concurrent training, independent of the order of exercise, can be an effective method to improve of obesity risk factors such as body composition, insulin resistance and Lcn2 marker in obese women.

Keywords: Concurrent training, Insulin resistance, Body composition, Lipocalin-2, Obesity.

Cite this article:
Maheri, S., Atashak, S., & Roshdi Bonab, R. (2022). Comparison of the effect of different order of endurance and strength concurrent training on the level of the lipocalien-2 and insulin resistance in inactive obese women. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport, 10***(22), 74-85.**

***Corresponding Author, Address: Department of Exercise Physiology, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran;**
Email: s.atashak@iau-mahabad.ac.ir
https://doi.org/10.22077/jpsbs.2021.4005.1611

Copyright: © 2022 by the authors. Licensee **Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport (JPSBS)**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

نشریه مطالعات کاربردی علوم‌زیستی در ورزش مقاله پژوهشی
تابستان ۱۴۰۱، دوره ۱۰، شماره ۲۲، ص ۸۵-۷۴
تاریخ دریافت: ۹۹/۱۰/۰۶ تاریخ ویرایش: ۹۹/۱۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۲/۲۳
نشریه مطالعات کاربردی علوم زیستی در ورزش
دانشگاه بیرجند

مقایسه اثر ترتیب تمرینات موازی مقاومتی و استقامتی بر سطوح سرمی لیپوکالین دو و مقاومت به انسولین در زنان چاق غیر فعال

سمیه ماهری[۱]، سیروان آتشک[۲*]، رضا رشدی بناب[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد بناب، دانشگاه آزاد اسلامی، بناب، ایران.
۲. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران.
۳. استادیار گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد بناب، دانشگاه آزاد اسلامی، بناب، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: انجام فعالیت‌های ورزشی منظم به عنوان استراتژی ارجح و راه‌کار موثر برای کاهش سایتوکاین‌های التهابی مانند لیپوکالین دو (Lcn2) و بهبود مقاومت به انسولین در افراد چاق توصیه شده است. با توجه به وجود یافته‌های محدود و ناهمسو در رابطه با اثرگذاری تمرینات موازی مقاومتی و استقامتی و تاثیر ترتیب اجرای تمرین بر این نشانگرها؛ مطالعه حاضر با هدف مقایسه اثر ترتیب تمرین استقامتی و مقاومتی بر شاخص‌های ترکیب بدن، مقاومت به انسولین و سطح سرمی Lcn2 در زنان چاق غیر فعال به اجرا درآمد. **روش تحقیق:** تعداد ۴۵ زن چاق غیرفعال در یک مطالعه نیمه تجربی با طرح پیش آزمون- پس آزمون، به صورت هدفمند شرکت کردند و به طور تصادفی به سه گروه کنترل (۱۵ نفر)، تمرینات موازی مقاومتی+استقامتی (۱۵ نفر) و تمرینات موازی استقامتی+مقاومتی (۱۵ نفر) تقسیم شدند. برنامه‌های تمرینی به‌مدت ۱۲ هفته، سه جلسه در هفته به اجرا درآمدند. تمرین استقامتی مشتمل بر دویدن روی نوارگردان به مدت ۲۰ دقیقه در هر جلسه با شدت ۷۵-۵۵ درصد حداکثر ضربان قلب؛ و تمرین مقاومتی مشتمل بر اجرای حرکات در هشت ایستگاه، دو نوبت، با ۱۵-۸ تکرار و شدت ۷۵-۵۵ درصد یک تکرار بیشینه بود. ۴۸ ساعت قبل از شروع تمرینات و ۴۸ بعد از آخرین جلسهٔ تمرینی، شاخص‌های ترکیب بدن و نمونه‌های خونی سرم در حالت ناشتایی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. از آزمون آماری t زوجی و آزمون تحلیل کوواریانس در سطح معنی داری $p<0/05$ استفاده شد. **یافته‌ها:** هر دو برنامه تمرین موازی، باعث کاهش معنی‌دار شاخص‌های ترکیب بدنی (وزن، درصد چربی بدن، شاخص توده بدنی، نسبت دورکمر به لگن) و نشانگرهای HOMA-R و Lcn2 سرمی شدند ($p<0/05$). با این حال، اختلافی بین اثر دو شیوه تمرین موازی مشاهده نشد ($p>0/05$). از طرف دیگر، کلیه این شاخص‌ها در گروه کنترل بدون تغییر باقی ماندند ($p>0/05$). **نتیجه‌گیری:** انجام تمرینات موازی صرف نظر از ترتیب اجرای آن، می‌تواند راهکار درمانی موثری برای بهبود نشانگرهای خطرزای چاقی از جمله مقاومت به انسولین و نشانگر التهابی Lcn2 در زنان چاق باشد.

واژه‌های کلیدی: تمرین موازی، مقاومت به انسولین، ترکیب بدن، لیپوکالین-۲، چاقی.

*نویسنده مسئول، آدرس: مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد، گروه فیزیولوژی ورزشی؛
پست الکترونیک: s.atashak@iau-mahabad.ac.ir
https://doi.org/10.22077/jpsbs.2021.4005.1611

مقدمه

در حال حاضر اپیدمی چاقی به‌عنوان مشکل اصلی سلامت جمعی در جهان مطرح است. چاقی بیماری چند علیتی است که حاصل تعامل عوامل متعدد ژنتیکی، محیطی و رفتاری است. گزارش‌های حاصل از مطالعه مروری و فراتحلیلی اخیر بیانگر آن است که شیوع چاقی در بین بزرگسالان ایرانی بالا و قابل ملاحظه بوده و در این میان، سهم زنان بیش از مردان است (ویسی ریگانی و دیگران، ۲۰۱۹). در حقیقت، چاقی یک وضعیت التهابی پاتولوژیک است و هر چند جزئیات حوادث مولکولی که چاقی را با بروز بیماری‌های قلبی- عروقی[1] (CVD) مرتبط می‌سازد. تا اندازه‌ای ناشناخته است؛ شواهد نشان از آن دارد که التهاب سیستمی و عواملی مانند توده چربی، نقش مهمی در بروز بیماری‌های CVD دارند (چایت[2] و دیگران، ۲۰۲۰). ناهنجاری‌های متابولیکی مرتبط با چاقی، تا حدودی با عدم تعادل در ترشح آدیپوکاین‌ها همراه است (نومائو[3] و دیگران، ۲۰۱۲). لیپوکالین-دو[4] (Lcn2) یک نشانگر التهابی است که در بروز برخی از اختلالات متابولیکی و التهابی نقش دارد (نی[5] و دیگران، ۲۰۱۳) و بر اساس گزارش ها، بیان و سطوح در گردش خون Lcn2 در افراد چاق افزایش یافته و ارتباط مستقیمی با پیشرفت مقاومت به انسولین و اختلالات متابولیکی مرتبط با چاقی دارد (یان[6] و دیگران، ۲۰۰۷). همچنین گزارش شده است که افزایش سطوح Lcn2 به عنوان یک پیش بینی کنندهٔ جدید و حساس بیماری‌های CVD به شمار می رود (یانگ[7] و دیگران، ۲۰۱۷). با توجه به افزایش سطوح این نشانگرها در افراد چاق و ارتباط آن ها با بروز بیماری‌های مختلف، از جمله CVD، به نظر می‌رسد که هر عاملی که باعث کاهش این شاخص‌ها به ویژه در افراد چاق شود، می‌تواند احتمال بروز بیماری‌ها را کاهش دهد.

با توجه محدودیت و عوارض جانبی درمان‌های دارویی چاقی، روش‌های غیر دارویی و مداخلات در شیوهٔ زندگی، از جمله انجام فعالیت‌های ورزشی منظم، به عنوان استراتژی ارجح و راه‌کار موثر برای پیشگیری و درمان چاقی و عوامل خطرزای CVD، توصیه شده است (کش[8] و دیگران، ۲۰۱۷). در این راستا، مقدسی و دیگران (۲۰۱۴) پس از بررسی و مقایسه اثر هشت هفته تمرین استقامتی و مقاومتی بر سطوح Lcn2 در مردان کم تحرک، گزارش کرده اند که انجام تمرینات ورزشی مستقل از نوع آن، باعث کاهش معنی‌دار سطوح این نشانگر می‌شود. این محققان کاهش این شاخص التهابی را به اثرات ضد التهابی فعالیت‌های ورزشی نسبت داده اند. در پژوهشی دیگر، محمدی (۲۰۱۴) مشاهده کرد که مقدار پلاسمایی Lcn2 پس از هشت هفته تمرینات استقامتی در مردان چاق و دارای اضافه وزن، کاهش پیدا می‌کند. این در حالی است که در بعضی تحقیقات، عدم تغییر سطوح این شاخص متعاقب انجام تمرینات ورزشی مختلف گزارش شده است (محمدی دمیه و خواجه لندی، ۲۰۱۲). اخیراً نظری و دیگران (۲۰۲۰) با بررسی اثر هشت هفته تمرین طناب زنی بر سطوح Lcn2، شاخص‌های پیکرسنجی و توان هوازی پسران نوجوان چاق، گزارش کرده اند که انجام این شیوهٔ تمرینات علی‌رغم بهبود متغیرهای آنتروپومتریک و توان هوازی؛ تغییر معنی‌داری در سطح سرمی نشانگر التهابی Lcn2 ایجاد نمی‌کند. در حالی‌که پیشنهاد شده است برای کاهش سطوح این شاخص متعاقب فعالیت های ورزشی در مردان غیرفعال، به تمرین با شدت بالاتر از ۵۵-۴۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_{2max}) پرداخته شود (مهربانی و دیگران، ۲۰۱۴). علی رغم وجود برخی اطلاعات در رابطه با اثر مستقل انواع شیوه‌های تمرین سنتی (استقامتی و مقاومتی) بر سطوح آدیپوکاین‌ها، اطلاعات در مورد تاثیر شیوهٔ تمرینات موازی مقاومتی- هوازی و به ویژه ترتیب و توالی انجام بخش هوازی و مقاومتی، بر نشانگرهای التهابی از قبیل Lcn2 محدود و ناکافی است. در سال‌های اخیر، استفاده از تمرینات موازی جهت بهره‌مندی از تاثیر فواید هر دو نوع شیوه تمرینات استقامتی – مقاومتی، توجه اکثر مربیان و پژوهشگران ورزشی را به خود جلب کرده است و بکارگیری این شیوه از تمرینات ورزشی، توسط دانشکده پزشکی ورزشی آمریکا پیشنهاد شده است (گاربر[9] و دیگران، ۲۰۱۱). به علاوه، علی‌رغم مشخص شدن اثرگذاری مناسب این شیوه تمرینی بر نشانگرهای ترکیب بدنی، وضعیت التهابی و مقاومت به انسولین در مطالعات متعدد (مردان پور و دیگران، ۲۰۱۵)؛ به نظر می‌رسد مکانیسم‌های سازگاری مولکولی و ژنتیکی القاءشده توسط تمرین مقاومتی و استقامتی متفاوت بوده و با هر نوع از فعالیت ورزشی، مجموعه‌ای متفاوت از مسیرهای پیام رسانی سلولی و ژن‌های ویژه فعال می‌شوند (هیکسن[10]، ۱۹۸۰)؛ لذا ترتیب اجرای تمرینات (استقامتی قبل از مقاومتی یا مقاومتی قبل از استقامتی) به دلیل تداخل بین مسیرهای پیام‌رسانی سلولی، ممکن است منجر به بهبودهای ترجیحی یکی از حالت‌های تمرینی شده و بر سازگاری‌های ناشی از

1. Cardiovascular disease
2. Chait
3. Numao
4. Lipocalin-2
5. Ni
6. Yan
7. Yang
8. Kasch
9. Garber
10. Hickson

تمرین تأثیر داشته باشد. در برخی مطالعات، مشخص شده است که ترتیب اجرای تمرینات موازی (تمرینات استقامتی قبل از تمرینات مقاومتی) باعث کاهش بیشتر در نشانگر درصد چربی بدن در مقایسه با ترتیب دیگر اجرای تمرینات، در مردان تمرین کرده می‌شود (هاشمی و شعبانی، ۲۰۱۶). بنابراین، با توجه به این‌که رابطه مثبت و معنی‌داری بین نشانگرهای مقاومت به انسولین و سطوح آدیپوکاین‌ها (به ویژه Lcn2) با شاخص های ترکیب بدنی در مطالعات مختلف (طلوعی آذر و دیگران، ۲۰۱۹؛ کانسیت[1] و دیگران، ۲۰۱۹) گزارش شده است و این احتمال که ترتیب تمرین، تاثیر متفاوتی بر ترکیب بدنی دارد؛ به نظر می‌رسد ترتیب تمرینات موازی بتواند بر برخی از نشانگرهای خطرزای چاقی اثر متفاوتی اعمال کند. با این همه، اثر این شیوه تمرینی و توالی ترتیب آن، بر بسیاری از نشانگرهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیک، به ویژه نشانگرهای التهابی مرتبط با چاقی ناشناخته است. به همین منظور، تحقیق حاضر با هدف تعیین تاثیر ترتیب تمرین موازی (مقاومتی+استقامتی یا استقامتی+مقاومتی) بر Lcn2 سرمی و مقاومت به انسولین زنان چاق غیر فعال به اجرا در آمد.

روش تحقیق

مطالعه حاضر از نوع تحقیقات کاربردی بود که به روش نیمه‌تجربی (با طرح پیش آزمون- پس آزمون) به اجرا درآمد. جامعه آماری تحقیق زنان چاق شهرستان بناب با دامنه سنی ۴۰-۲۵ سال سالم بودند که سبک زندگی بی تحرک (غیر فعال) داشتند. پس از فراخوان عمومی، از بین داوطلبین و بر اساس معیارهای ورود به مطالعه، تعداد ۴۵ زن چاق به صورت هدفمند انتخاب شدند. حجم نمونه بر اساس مطالعات و تحقیقات قبلی انجام شده در خصوص اثرات تمرینات ورزشی بر نمونه های انسانی (به تعداد ۱۵ نفر در هر گروه) تعیین گردید (فرشیدی و گائینی، ۲۰۱۸؛ سوری و دیگران، ۲۰۱۹). معیارها ورود به مطالعه شامل چاق بودن (شاخص توده بدنی یا BMI مساوی یا بیشتر از ۳۰ کیلوگرم/مترمربع)؛ فقدان بیماری های مزمن از قبیل بیماری‌های تنفسی، متابولیک، قلبی- عروقی، کلیوی و کبدی؛ و عدم وجود آسیب های عضلانی– اسکلتی (محدودکننده انجام تمرینات ورزشی) بود. از دیگر معیارهای ورود به تحقیق، عدم شرکت منظم در تمرینات ورزشی و غیر فعال بودن در طول یک سال قبل از مداخله بود (مهربانی و دیگران، ۲۰۱۴). معیارهای خروج از مطالعه شامل عدم رعایت پروتکل تمرینی، عدم شرکت منظم در جلسات تمرینی (غیبت بیش از سه جلسه)، مصرف الکل، دخانیات و یا هرگونه دارو و مکمل موثر بر نتایج مطالعه، در طی مدت اجرای پژوهش بود.

شرکت کنندگان چند روز قبل از اجرای پروتکل تمرین، در یک جلسه توجیهی شرکت کرده و توضیحات لازم در مورد اهداف، روش و ضررهای احتمالی پژوهش و همچنین نحوه صحیح انجام تمرینات؛ به آن ها ارائه داده شد. سپس فرم رضایت‌نامه، پرسشنامه استاندارد سلامت عمومی[2] یا GHQ (استرلینگ[3]، ۲۰۱۱) و پرسشنامه فعالیت بدنی عادتی بک[4] (بک و دیگران، ۱۹۸۲)، توسط شرکت کنندگان تکمیل و امضا گردید. در ادامه، شاخص‌های ترکیب بدنی، حداکثر ضربان قلب[5] (HRmax) و یک تکرار بیشینه[6] (1RM) شرکت کنندگان مورد ارزیابی یا محاسبه قرار گرفت. در ادامه، آزمودنی ها به طور تصادفی به سه گروه شامل گروه تمرین موازی استقامتی + مقاومتی (E+S, n=۱۵)، گروه تمرین مقاومتی + استقامتی (S+E, n=۱۵)، و گروه کنترل (Con, n=۱۵) تقسیم شدند (جدول ۱). لازم به ذکر است که جهت از بین بردن اثر تفاوت‌های فردی بر نتایج پژوهش، گروه‌ها بر اساس BMI همگن شدند. به علاوه، قبل از شروع پروتکل تمرین، تاییدیه کمیته اخلاق در پژوهش‌های زیست پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی بناب با شناسه IR.IAU.BONAB.1399.0711 اخذ گردید.

قبل از اجرای برنامه تمرینی، شاخص‌های ترکیب بدنی و فیزیولوژیک آزمودنی‌ها در سالن آمادگی جسمانی و بدنسازی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بناب اندازه‌گیری شد. قد و وزن در شرایط ناشتا و با مثانه خالی، در شرایطی که آزمودنی‌ها دارای حداقل پوشش ممکن بودند، با استفاده از ترازو و قدسنج دیجیتالی استاندارد (سکا[7] ساخت کشور آلمان) به ترتیب با دقت ۵ گرم و ۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شدند. BMI نیز با استفاده از معادله وزن بدن (کیلوگرم) تقسیم بر مجذور قد (متر) محاسبه شد. همچنین دور کمر (WC) در باریک ترین قسمت و در فاصله بین آخرین دنده تا تاج خاصره، و دور لگن (HC) در پهن ترین و برجسته ترین قسمت باسن با استفاده از متر نواری قابل ارتجاع و بدون فشار به پوست اندازه گیری و برحسب سانتی‌متر ثبت شد (گاه[8] و دیگران، ۲۰۱۴)؛ سپس نسبت دور کمر به دور لگن (WHR) بر حسب سانتی متر محاسبه گردید. چربی زیرپوستی بدن نیز با استفاده از کالیپر (یاگامی[9]

1. Consitt
2. General health questionnaire
3. Sterling
4. Baekce habitual physical activity questionnaire
5. Heart rate maximum
6. One repetation maximum
7. Seca
8. Goh
9. Yagami

ساخت کشور ژاپن) از طریق اندازه‌گیری ضخامت چربی زیر جلدی در سه ناحیه (سه سربازو، فوق خاصره و ران) از سمت راست بدن ارزیابی شد و سپس با استفاده از معادله جکسون[1] و دیگران (۱۹۸۰) درصد چربی بدن محاسبه گردید. لازم به ذکر است که اندازه‌گیری این متغیرها در دو مرحله قبل و بعد از تمرینات، در حالت ناشتا صورت گرفت. ویژگی‌های فردی و جمعیت شناختی آزمودنی‌ها قبل از شروع تمرینات، در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. توصیف ویژگی‌های فردی و جمعیت شناختی گروه های مختلف

گروه ها	تعداد	سن (سال)	قد (سانتی متر)	وزن (کیلوگرم)	چربی بدنی (درصد)	BMI (کیلوگرم/متر مربع)
S+E	۱۵	۳۱/۶۸±۳/۹۴	۱۶۱/۹۶±۶/۴۷	۸۰/۶۱±۶/۲۳	۳۲/۶۵±۴/۸۵	۳۰/۶۹±۰/۷۵
E+S	۱۵	۳۲/۴۲±۵/۰۲	۱۶۳/۶±۱۶/۳۲	۸۲/۴۴±۶/۱۹	۳۴/۵۰±۳/۲۶	۳۰/۹۴±۱/۰۳
Con	۱۵	۳۳/۶۶±۴/۵۹	۱۶۲/۹۳±۷/۶۳	۸۳/۲۴±۶/۰۰	۳۵/۷۸±۳/۸۴	۳۱/۳۶±۱/۲۱
مقدار p*		۰/۴۹	۰/۸۷	۰/۴۹	۰/۱۱	۰/۲۱

*نشانه مقایسه بین گروه‌ها در سطح p<۰/۰۵. E+S: تمرین موازی استقامتی+مقاومتی؛ S+E: گروه تمرین موازی مقاومتی+استقامتی؛ Con: کنترل

در ادامه، شرکت کنندگان دو گروه تمرینی، به مدت ۱۲ هفته (سه جلسه در هفته و به صورت یک روز درمیان) به انجام تمرینات ورزشی منتخب در سالن آمادگی جسمانی و بدنسازی دانشگاه آزاد واحد بناب پرداختند؛ در حالی که گروه کنترل بدون انجام فعالیت بدنی خاص، به انجام فعالیت های معمولی و روزانه خود مشغول بودند. برنامه تمرین استقامتی شامل راه رفتن و دویدن روی نوارگردان به مدت ۲۰ دقیقه بود؛ به گونه ای که شدت تمرینات به صورت پیشرونده از ۵۵ درصد HRmax در هفته اول شروع شد و در هفته آخر به ۷۵ درصد HRmax رسید (کارگرفرد و دیگران، ۲۰۱۷). برنامه تمرین مقاومتی شامل انجام دو نوبت حرکات پرس سینه، سیم کش، پرس شانه، خم شدن بازو، شکم، پرس پا، خم شدن پا و ساق پا ایستاده در هر جلسه بود که به صورت پیشرونده در هفته اول با شدت ۵۵ درصد 1RM و ۱۵-۱۰ تکرار (نوبت اول با تکرار بالا و نوبت دوم با تکرار کمتر) شروع شد و در پایان هفته دوازدهم به ۱۰-۸ تکرار با شدت ۷۵ درصد 1RMرسید (کارگرفرد و دیگران، ۲۰۱۷). با توجه به سازگاری صورت گرفته در قدرت آزمودنی‌ها، 1RM شرکت کنندگان در پایان هر سه هفته مجدد اندازه‌گیری شد و بارهای اجرایی، بر اساس آن تنظیم گردید. لازم به ذکر است شرکت کنندگان در هر جلسه قبل از شروع برنامه اصلی تمرین، ۱۰ دقیقه را با شدت پایین با استفاده از حرکات کششی و جهشی و پویا به گرم کردن اختصاص دادند و در پایان تمرین اصلی نیز ۱۰ دقیقه به سرد کردن پرداختند (کارگرفرد و دیگران، ۲۰۱۷). تفاوت برنامه دو گروه تمرین موازی تنها در نوبت اجرای تمرینات بود؛ بدین ترتیب که گروه تمرین استقامتی + مقاومتی در ابتدا به اجرای تمرینات استقامتی می‌پرداختند و سپس تمرینات مقاومتی را اجرا می‌کردند؛ در حالی که در گروه مقاومتی + استقامتی، ابتدا تمرینات مقاومتی و در ادامه، تمرینات استقامتی اجرا می شد. به علاوه، شرکت کنندگان دو گروه بعد از انجام بخش اول تمرین، یک دوره بازیافت (ریکاوری) دو دقیقه‌ای داشتند و سپس بخش دوم تمرینات را اجرا می کردند (جدول ۲).

جدول ۲. جزئیات پروتکل‌های تمرینی به اجرا در آمده

هفته های تمرین	بخش استقامتی		بخش مقاومتی		برنامه گروه E+S در هر جلسه	برنامه گروه S+E در هر جلسه
	شدت (درصدHRmax)	زمان (دقیقه)	شدت (درصد 1RM)	تکرارها × نوبت		
اول تا دوم	۵۵	۲۰	۵۵	۲× ۱۵-۱۲	گرم کردن	گرم کردن
سوم و چهارم	۶۰	۲۰	۶۰	۲× ۱۵-۱۲	تمرین استقامتی	تمرین مقاومتی
پنجم و ششم	۶۵	۲۰	۶۵	۲× ۱۲-۱۰	ریکاوری دو دقیقه‌ای	ریکاوری دو دقیقه‌ای
هفتم و هشتم	۷۰	۲۰	۷۰	۲× ۱۲-۱۰	تمرین مقاومتی	تمرین استقامتی
نهم تا دوازدهم	۷۵	۲۰	۷۵	۲× ۱۰-۸	سرد کردن	سرد کردن

*E+S: تمرین موازی استقامتی + مقاومتی؛ S+E: گروه تمرین مقاومتی + استقامتی

1. Jackson

در دو مرحله ابتدای مطالعه و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرینی، مقدار پنج میلی‌لیتر خون از ورید پیش‌آرنجی در حالت نشسته اخذ شد. بعد از سانتریفیوژ (۱۲ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور/دقیقه) توسط دستگاه سانتریفیوژ شرکت Hettich آلمان و جداسازی سرم، نمونه ها در دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد فریز شدند. بخش دیگر به صورت پلاسما با افزودن ماده ضدانعقاد EDTA[1] به منظور اندازه‌گیری سطح گلوکز خون تهیه گردید. میزان Lcn2 سرمی با استفاده از کیت انسانی BioVendor ساخت کشور چک و روش الایزا[2] با حساسیت ۰/۰۲ نانوگرم بر میلی لیتر و ضریب تغییرات درونی ۹/۶۳ درصد، اندازه‌گیری شد. گلوکز خون با استفاده از کیت شرکت پارس آزمون و سطوح انسولین خون با کیت انسانی DRG ساخت کشور آلمان با حساسیت ۰/۳۸ میکرو واحد بر میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد. مقاومت به انسولین با روش ارزیابی مدل همئوستازی[3] (HOMA-IR) و با استفاده از فرمول ماتئوس[4] و دیگران (۱۹۸۵) محاسبه گردید.

برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده ها و همچنین همگنی واریانس‌ها، به ترتیب از آزمون‌های کلموگروف- اسمیرنوف[5] و لون[6] استفاده شد. سپس جهت بررسی تغییرات بین گروهی از آزمون تحلیل کوواریانس[7] (ANCOVA) و آزمون تعقیبی بونفرونی[8] بهره برداری گردید. همچنین برای تعیین اندازه اثر متغیر مستقل بر متغیرهای مورد بررسی، از آزمون مجذور جزئی اتای[9] استفاده شد؛ ضمن آن که تغییرات درون گروهی با استفاده آزمون t زوجی[10] مورد آنالیز قرار گرفت. کلیه محاسبات آماری در سطح معنی‌داری $p<0/05$ و با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۴ به اجرا در آمدند.

یافته‌ها

در جدول ۳ شاخص‌های ترکیب بدنی سه گروه مورد مطالعه در دو مرحله قبل و بعد از تمرینات توصیف و مقایسه گردیده است. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس بیانگر وجود تفاوت معنی دار ($p<0/001$) شاخص های وزن، درصد چربی بدن، محیط کمر، BMI و WHR بین سه گروه مورد مطالعه می باشد. در ادامه آزمون تعقیبی بونفرونی به اجرا درآمد و مشخص گردید که درصد چربی بدن در گروه تمرین S+E ($p<0/001$ و MD= -۲/۲۹) و تمرین E+S ($p<0/001$ و MD= -۲/۷۱) نسبت به گروه کنترل کاهش یافته است. به علاوه، BMI گروه تمرین S+E ($p<0/001$ و MD= -۱/۱۸) و تمرین E+S ($p<0/001$ و MD= -۱/۲۹) نسبت به گروه کنترل کاهش یافت. همچنین وزن در گروه تمرین S+E ($p<0/001$ و MD= -۳/۰۹) و گروه تمرین E+S ($p<0/001$ و MD= -۳/۴۶) نسبت به گروه کنترل کاهش یافت. دور کمر در گروه‌های تمرین S+E ($p<0/001$ و MD= -۲/۸۱) و تمرین E+S ($p<0/001$ و MD= -۲/۵۶)؛ و WHR هم در گروه تمرین S+E ($p<0/001$ و MD= -۰/۰۲) و گروه تمرین E+S ($p<0/001$ و MD= -۰/۰۲) کاهش پیدا کردند.. این در حالی بود که در مورد تمام متغیرهای ترکیب بدنی تفاوت معنی داری بین دو نوع تمرین از نظر ترتیب اجرا مشاهده نشد ($p>0/05$). مقایسه تغییرات درون گروهی متغیرها با استفاده از آزمون t زوجی (جدول ۳) نیز کاهش معنی‌دار شاخص های وزن، BMI، درصد چربی بدن، دور کمر و WHR را پس از هر دو نوع تمرین نشان داد.

نتایج مربوط به توصیف و مقایسه نشانگرهای گلوکز، انسولین و HOMA-IR سرم در جدول ۴ ارائه شده است. یافته‌های آزمون تحلیل کوواریانس بیانگر وجود تفاوت معنی دار ($p<0/001$) شاخص های سرمی انسولین، گلوکز، HOMA-IR و Lcn2 بین سه گروه مورد مطالعه می‌باشد. در ادامه آزمون تعقیبی بونفرونی به اجرا درآمد و مشخص گردید که سطوح گلوکز (به ترتیب با $p<0/002$ و MD= -۶/۶۶؛ $p<0/001$ و MD= -۶/۱۹)، سطح انسولین (به ترتیب با $p<0/001$ و MD= -۲/۶۴؛ $p<0/001$ و MD= -۲/۶۷)، و HOMA-IR (به ترتیب با $p<0/001$ و MD= -۰/۸۷؛ $p<0/001$ و MD= -۰/۸۴) در گروه تمرین S+E و E+S نسبت به گروه کنترل کاهش یافت. این در حالی بود که در مورد تمامی متغیرهای سرمی، تفاوت معنی داری بین دو نوع تمرین از نظر ترتیب اجرا مشاهده نشد ($p>0/05$).

بررسی تغییرات سطوح سرمی Lcn2 قبل و بعد از مداخله در شکل ۱ ارائه شده است. یافته‌های آزمون تحلیل کوواریانس بیانگر وجود تفاوت معنی دار ($p<0/001$) شاخص Lcn2 بین سه گروه مورد مطالعه بود. در ادامه آزمون تعقیبی بونفرونی به اجرا درآمد و مشخص گردید که سطوح Lcn2 سرمی گروه تمرین S+E ($p<0/001$ و MD= -۸/۴۱) و تمرین E+S ($p<0/001$ و MD= -۷/۰۵) نسبت به گروه کنترل کاهش یافته است. در حالی که بین تاثیر دو گروه تمرینی تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد ($p=1/00$). از طرف دیگر، مقایسه تغییرات درون گروهی با استفاده از آزمون t زوجی نشان داد که هر دو روش تمرینی، موجب کاهش معنی‌دار Lcn2 سرم شده است ($p<0/0001$)؛ در حالی‌که در گروه کنترل تغییر معنی‌داری مشاهده نشد ($p=0/30$).

بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که انجام ۱۲ هفته تمرینات

1. Ethylenediaminetetraacetic acid
2. Elisa
3. Homeostasis model
4. Matthews
5. Kolmogorov–Smirnov
6. Levene
7. Analysis of covariance
8. Bonferroni
9. Partial Eta squared
10. Paired t-test

جدول ۳. توصیف و مقایسه شاخص های ترکیب بدنی در سه گروه مورد مطالعه

متغیرها	گروه‌ها	قبل از تمرین	بعد از تمرین	p درون گروهی	نتایج تحلیل کوواریانس F	P	partial η
وزن (کیلوگرم)	S+E	۸۰/۶۱ ± ۶/۲۳	۷۷/۵۱ ± ۶/۲۷	۰/۰۰۰۱*	۲۵/۹۲	۰/۰۰۰۱ ¥	۰/۵۵
	E+S	۸۲/۴۴ ± ۶/۱۹	۷۸/۹۸ ± ۵/۶۵	۰/۰۰۰۱*			
	Con	۸۳/۲۴ ± ۶/۰۰	۸۳/۵۰ ± ۵/۸۴	۰/۲۲			
BMI (کیلوگرم/مترمربع)	S+E	۳۰/۶۹ ± ۰/۷۹	۲۹/۵۱ ± ۰/۸۰	۰/۰۰۰۱*	۲۹/۳۴	۰/۰۰۰۱ ¥	۰/۵۸
	E+S	۳۰/۹۴ ± ۱/۰۳	۲۹/۶۴ ± ۰/۸۳	۰/۰۰۰۱*			
	Con	۳۱/۳۶ ± ۱/۲۱	۳۱/۴۷ ± ۱/۳۰	۰/۱۸			
چربی بدن (درصد)	S+E	۳۲/۶۵ ± ۴/۸۵	۳۰/۳۶ ± ۴/۶۲	۰/۰۰۰۱*	۱۹/۲۴	۰/۰۰۰۱ ¥	۰/۴۸
	E+S	۳۴/۵۰ ± ۳/۲۶	۳۱/۷۹ ± ۲/۵۲	۰/۰۰۰۱*			
	Con	۳۵/۷۸ ± ۳/۸۴	۳۵/۸۶ ± ۳/۴۹	۰/۶۴۸			
دور کمر (سانتی متر)	S+E	۹۴/۶۳ ± ۴/۲۶	۹۱/۸۷ ± ۴/۲۴	۰/۰۰۰۱*	۲۱/۳۷	۰/۰۰۰۱ ¥	۰/۵۱
	E+S	۹۶/۷۵ ± ۳/۵۴	۹۴/۱۰ ± ۳/۰۳	۰/۰۰۰۱*			
	Con	۹۷/۷۷ ± ۴/۶۶	۹۷/۶۴ ± ۴/۴۹	۰/۵۳			
WHR	S+E	۰/۹۵ ± ۰/۰۳	۰/۹۳ ± ۰/۰۳	۰/۰۰۰۱*	۱۵/۱۲	۰/۰۰۰۱ ¥	۰/۴۲
	E+S	۰/۹۶ ± ۰/۰۴	۰/۹۴ ± ۰/۰۴	۰/۰۰۰۱*			
	Con	۰/۹۷ ± ۰/۰۳	۰/۹۷ ± ۰/۰۲	۰/۷۳			

*نشانه تفاوت معنی دار با پیش آزمون در سطح p<۰/۰۵؛ ¥ نشانه تفاوت معنی دار بین گروه ها در سطح p<۰/۰۵؛ E+S: تمرین موازی استقامتی + مقاومتی؛ S+E: گروه تمرین موازی مقاومتی + استقامتی؛ Con: کنترل.

جدول ۴. توصیف و مقایسه متغیرهای خونی در سه گروه مورد مطالعه

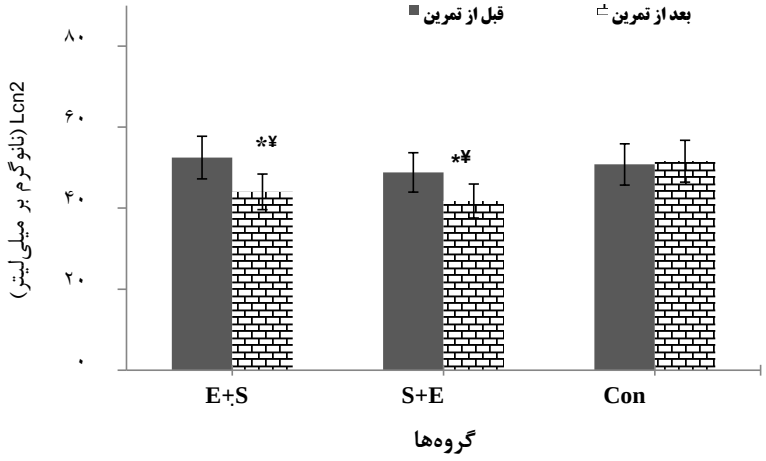
شاخص ها	گروه ها	قبل از تمرین	بعد از تمرین	p درون گروهی	نتایج تحلیل کوواریانس F	P	Partial η
انسولین (میکروگرم/ لیتر)	S+E	۱۲/۴۷ ± ۳/۰۲	۹/۸۳ ± ۲/۲۴	۰/۰۰۰۱*	۱۵/۱۹	۰/۰۰۰۱ ¥	۰/۴۲
	E+S	۱۳/۵۶ ± ۱/۸۹	۱۰/۸۸ ± ۲/۳۸	۰/۰۰۰۱*			
	Con	۱۳/۸۹ ± ۲/۴۴	۱۳/۸۲ ± ۲/۵۴	۰/۳۷			
گلوکز (میلی گرم/لیتر)	S+E	۱۰۷/۴۴ ± ۹/۸۹	۱۰۰/۷۸ ± ۹/۶۸	۰/۰۰۰۱*	۱۰/۳۹	۰/۰۰۱ ¥	۰/۳۳
	E+S	۱۰۲/۴۳ ± ۱۱/۶۰	۹۶/۲۳ ± ۸/۷۰	۰/۰۰۱*			
	Con	۱۰۵/۵۵ ± ۹/۱۳	۱۰۴/۸۴ ± ۷/۵۷	۰/۵۰			
HOMA-IR	S+E	۳/۳۳ ± ۰/۸۸	۲/۴۵ ± ۰/۶۱	۰/۰۰۰۱*	۲۱/۸۸	۰/۰۰۰۱ ¥	۰/۵۱
	E+S	۳/۴۴ ± ۰/۶۷	۲/۶۰ ± ۰/۶۶	۰/۰۰۰۱*			
	Con	۳/۶۴ ± ۰/۷۷	۳/۵۹ ± ۰/۷۵	۰/۳۴			
Lcn2 (نانوگرم/میلی لیتر)	S+E	۵۲/۴۷ ± ۸/۸۷	۴۴/۰۵ ± ۶/۴۵	۰/۰۰۰۱*	۱۸/۷۲	۰/۰۰۰۱ ¥	۰/۴۷
	E+S	۴۸/۸۱ ± ۱۱/۰۲	۴۱/۷۶ ± ۸/۴۶	۰/۰۰۰۱*			
	Con	۵۰/۷۹ ± ۹/۴۱	۵۱/۶۰ ± ۹/۹۷	۰/۳۰			

*نشانه تفاوت معنی دار با پیش آزمون در سطح p<۰/۰۵؛ ¥ نشانه تفاوت معنی دار بین گروه ها در سطح p<۰/۰۵؛ E+S: تمرین موازی استقامت + مقاومتی؛ S+E: گروه تمرین موازی مقاومتی + استقامتی؛ Con: کنترل.

موازی با دو ترتیب متفاوت (S+E و E+S) باعث بهبود معنی‌دار در شاخص‌های ترکیب بدنی، مقاومت به انسولین و سطح سرمی نشانگر التهابی Lcn2 در زنان چاق می‌شود؛ و مهم آن که میزان این تغییرات پس از اجرای هر دو پروتکل تمرینی، مشابه است.

همسو با یافته‌های مطالعه حاضر، فرامرزی و دیگران (۲۰۱۸) به مقایسه تاثیر ترتیب انجام فعالیت‌های مقاومتی و استقامتی (در قالب یک برنامه تمرین موازی) بر شاخص‌های ترکیب بدنی و پیکرسنجی زنان مسن دارای اضافه وزن پرداخته و مشاهده کرده اند که انجام سه برنامه E+S، S+E و تمرین موازی جایگزین[1] (ACT) به مدت ۸ هفته، باعث بهبود نشانگرهای ترکیب بدنی و شاخص چاقی می‌شود. به طور مشابه، پینهیرو[2] و دیگران (۲۰۱۹) گزارش کرده‌اند که انجام ۱۰ هفته برنامه تمرینات موازی

1. Alternative concurrent training
2. Pinheiro



شکل ۱. مقایسه تغییرات Lcn2 سرم در دو مرحله قبل و بعد از تمرین. *نشانه تفاوت معنی دار با قبل از تمرین در سطح p<۰/۰۵؛ ¥نشانه تفاوت معنی‌دار با گروه کنترل در سطح p<۰/۰۵؛ E+S: تمرین موازی استقامتی + مقاومتی؛ S+E: گروه تمرین موازی مقاومتی + استقامتی؛ Con: کنترل.

با دو ترتیب متفاوت (S+E و E+S)؛ باعث بهبود معنی‌دار شاخص‌های ترکیب بدنی می‌شود و تاثیر ترتیب اجرای این دو روش تمرینی، تفاوت معنی داری ندارد. در رابطه با مکانیزم‌های توجیه کننده بهبود ترکیب بدن در اثر تمرینات موازی، به نظر می‌رسد که با توجه به اثرات مستقل تمرینات هوازی و مقاومتی، استفاده این دو شیوهٔ در کنار یکدیگر اثرات هم‌افزایی را اعمال می‌نماید؛ به‌طوری‌که انجام تمرینات مقاومتی از طریق تحریک سنتز پروتئین عضلانی و افزایش توده عضلانی بدن، منجر به افزایش میزان متابولیسم و انرژی کل مصرفی زمان استراحت می شود؛ تغییراتی که در نهایت کاهش چربی و ذخایر آن در بدن را بدنبال دارد (مایستا[1] و دیگران، ۲۰۰۷). به علاوه، تمرینات هوازی نیز از طریق تحریک و ترشح کاتکولامین‌ها و هورمون رشد، باعث فعال شدن آنزیم‌های لیپولیز در سلول‌های چربی و لذا تجزیه چربی‌ها در بافت آدیپوز می‌شوند (پارنل[2] و دیگران، ۲۰۰۰). در نتیجه، انجام این دو روش در یک جلسه تمرین می‌تواند مکمل همدیگر بوده و همپوشانی این دو شیوه تمرینی در کنار هم، اثراتشان را بر ترکیب بدن دوچندان می‌کند؛ به طوری‌که آلوز[3] و دیگران (۲۰۱۷) گزارش داده‌اند که انجام برنامه‌های تمرینات موازی با آرایش متفاوت، در مقایسه با روش‌های دیگر تمرینی، تاثیرگذاری بیشتری در بهبود درصد چربی و ترکیب بدن دارد.

یکی دیگر از اختلالات مهم همراه چاقی و سبک زندگی بی تحرک، مقاومت به انسولین است، نتایج مطالعات بیانگر آن است که انجام فعالیت‌های بدنی منظم می‌تواند باعث بهبود این وضعیت شود. در همین راستا و همسو با نتایج مطالعه حاضر، حکیمی و دیگران (۲۰۱۹) مشاهده کرده ند که اجرای دو آرایش متفاوت برنامه تمرینات موازی (S+E و E+S)، به طور مشابه، باعث کاهش معنی‌دار نشانگر مقاومت به انسولین در زنان دارای اضافه وزن می‌شود. یافته های مطالعه باقری و دیگران (۲۰۲۰) نیز در تایید این نتایج، بیانگر اثرگذاری مناسب دو آرایش متفاوت تمرینات موازی (S+E و E+S) بر ویژگی های ترکیب بدن و مقاومت به انسولین در زنان است. در واقع، پیشنهاد شده است که انجام فعالیت‌های ورزشی منظم از طریق مکانیزم‌های مختلف، از قبیل افزایش پیام‌رسانی و بهبود مسیرهای آبشار پیام دهی انسولین، افزایش رهایی گلوکز از خون به عضله به علت افزایش مویرگ های عضله، و تغییر در ترکیب عضله به منظور افزایش برداشت گلوکز، افزایش در دسترس بودن و افزایش محتوی پروتئین ناقل گلوکز-۴[4] (GLUT4) و کاهش رهایش و افزایش پاک شدن اسیدهای چرب آزاد؛ می‌تواند منجر به افزایش حساسیت به انسولین شود (کانست و دیگران، ۲۰۱۹). در این بین، انجام تمرینات ترکیبی (مقاومتی و استقامتی) با توجه به اثرات هم‌افزایی حاصل از دو برنامه تمرینی، به عنوان روش موثرتر و کارآمدتر در کنترل گلوکز و فعالیت انسولین شناخته شده است (لیو[5] و دیگران، ۲۰۱۵). با این حال، باید در نظر داشت که نتایج برخی از محققان ناهمسو با یافته‌های مطالعه حاضر، بیانگر عدم تغییر مقاومت به انسولین متعاقب انجام

1. Maesta
2. Purnell
3. Alves
4. Glucose transporter type 4
5. Liu

تمرینات ورزشی موازی می‌باشد؛ به طوری‌که ساری صراف و دیگران (۲۰۱۸) گزارش داده اند انجام چهار هفته تمرین موازی (شامل انجام تمرینات استقامتی با شدت ۶۵ درصد حداکثر ضربان قلب ذخیره و تمرینات مقاومتی با شدت ۶۰ درصد 1RM)؛ تغییر معنی‌داری در مقاومت به انسولین ایجاد نمی‌کند. بنی طالبی و دیگران (۲۰۱۵) نیز مشاهده کرده اند که انجام هشت هفته برنامه‌های تمرین ترکیبی مقاومتی – استقامتی، تاثیر معنی‌دار بر مقاومت به انسولین در زنان سالمند دارای اضافه وزن ندارد. از دلایل اصلی ناهمسویی یافتهٔ این پژوهشگران صرف نظر از سطوح پایه طبیعی آن‌ها در ابتدای مطالعه؛ احتمالا شدت و به ویژه مدت زمان برنامه تمرین می‌باشد؛ چرا که جهت اثرگذاری مطلوب بر مقاومت به انسولین، برنامه تمرینات با بازه زمانی بیشتر از هشت هفته تمرین لازم است (بنی طالبی و دیگران، ۲۰۱۵). همچنین پیشنهاد شده است که در صورتی‌که انجام تمرینات با کاهش وزن در افراد چاق همراه باشد، بهبود بیشتری در حساسیت به انسولین ایجاد می‌شود (کانست و دیگران، ۲۰۱۹). از این روی، بخشی از کاهش مقاومت به انسولین در مطالعه حاضر، می‌تواند به کاهش وزن و چربی بدن شرکت کنندگان نسبت داده شود. یافته مهم مطالعه حاضر این بود که سطوح Lcn2 متعاقب انجام هر دو روش تمرین موازی به اجرا در آمده در زنان چاق، به طور معنی‌داری کاهش پیدا می‌کند. این نتایج همسو با یافته های مطالعه طلوعی آذر و دیگران (۲۰۱۹) است که گزارش داده‌اند تمرینات ورزشی هوازی در آب با شدت ۴۵ تا ۶۵ درصد HRmax در طول هشت هفته، باعث کاهش سطوح Lcn2 و شاخص‌های مقاومت به انسولین در مردان میانسال دارای اضافه وزن می‌شود. مقدسی و دیگران (۲۰۱۴) نیز پس از مقایسه اثرات تمرینات استقامتی و مقاومتی بر سطوح Lcn2 مردان کم تحرک، گزارش کرده‌اند که انجام تمرینات ورزشی مستقل از نوع فعالیت به اجرا درآمده، باعث کاهش معنی‌دار سطوح این نشانگر التهابی می‌شود. در این راستا، به نظر می‌رسد که انجام تمرینات ورزشی منظم، با توجه به ماهیت ضد التهابی آن، از طریق سازوکارهای سلولی - مولکولی مختلف از قبیل کاهش عامل هسته ای کاپا- بی[1] (NF-κB) که بیان Lcn2 را از راه پیوند به جایگاه اتصالی در پروموتور آن فعال می‌سازد (کند[2] و دیگران، ۲۰۱۶)؛ باعث کاهش بیان و غلظت عامل التهابی Lcn2 می‌شود. به علاوه، با توجه به وجود رابطه مثبت بین سطوح لیپوکالین ها با ترکیب بدن در مطالعات مختلف (مقدسی و دیگران، ۲۰۱۴؛ طلوعی آذر و دیگران، ۲۰۱۹)، بخشی از تغییرات و کاهش سطوح Lcn2 را می‌توان به کاهش وزن و درصد چربی بدن متعاقب انجام تمرینات ورزشی نسبت داد. با این حال، باید در نظر داشت که جهت ایجاد تغییرات مطلوب در این نشانگر، به شدت و مدت زمان مناسب برنامه‌های تمرینی نیاز است؛ به طوری که ناهمسو با یافته مطالعه حاضر، نتایج مطالعه حسینی و دیگران (۲۰۱۸) بیانگر عدم تغییر معنی‌دار سطوح پلاسمایی Lcn2 در موش های دیابتی متعاقب شش هفته تمرین هوازی می باشد. دلیل ناهمسویی در یافته این محققان با نتایج مطالعه حاضر (بر اساس اظهار محققان)، می‌تواند طول دوره تمرینات ورزشی باشد. به علاوه، شدت تمرینات ورزشی نیز می‌تواند بر تغییرات این نشانگر تاثیر بگذارد (مهربانی و دیگران، ۲۰۱۴). همچنین ناهمسو با مطالعه حاضر، نتایج نظری و دیگران (۲۰۲۰) بیانگر عدم تغییرات سطوح Lcn2 متعاقب هشت هفته تمرینات طناب زنی در نوجوانان چاق است. احتمالاً تفاوت در مدت و نوع برنامه تمرینی و تفاوت در پاسخ بافت‌های تولید و ترشح کنندهٔ این نشانگر به تمرینات ورزشی و نیز عدم تغییر نشانگرهای توده چربی و WHR در مطالعهٔ اشاره شده؛ می تواند دلیل احتمالی ناهمسویی در یافته ها باشد. نتایج مطالعات نشان از آن دارد که افراد چاق، غلظت بالاتری از سایتوکین‌های التهابی از قبیل Lcn2 دارند؛ این موضوع باعث می شود که این شاخص التهابی و مسیرهای پیام‌دهی پایین دست آن، به عنوان یک هدف درمانی بالقوه برای چاقی و عوارض ناشی از آن مطرح باشد (میرس[3] و دیگران، ۲۰۲۰). مشخص شده است که علی‌رغم این که سطوح Lcn2 متعاقب یک جلسه فعالیت ورزشی در افراد چاق افزایش پیدا می‌کند (دمیرچی و دیگران، ۲۰۱۱)، انجام فعالیت‌های ورزشی منظم از راه کاهش توده چربی احشایی و به دنبال آن، کاهش رهایی سایتوکین‌های پیش التهابی و ایجاد محیطی ضدالتهابی؛ می‌تواند نقش مهمی در کنترل بیمارهای مرتبط با التهاب داشته باشد (گرکانی و دیگران، ۲۰۱۲).

از محدودیت های اصلی مطالعه حاضر عدم کنترل رژیم غذایی آزمودنی‌ها و عدم بررسی نشانگرهای التهابی پایین دست از قبیل عامل نکروزدهنده تومور-آلفا[4] (TNF-α) و اینترلوکین-۶[5] (IL-6) جهت مشخص شدن سازوکارها درگیر در اثرگذاری تمرینات ورزشی بر Lcn2 بود که پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی بررسی شود. از محدودیت‌های دیگر مطالعه می‌توان به عدم استفاده از روش‌های دیگر ارزیابی شدت تمرینات استقامتی از قبیل آزمون‌های وامانده ساز و عدم تعیین حجم نمونه با استفاده از فرمول

1. Nuclear factor kappa B
2. Conde
3. Meyers
4. Tumor necrosis factor-α
5. Interleukin-6

برآوردی اشاره داشت.

نتیجه گیری: در مجموع با توجه به یافته‌های مطالعه حاضر، به نظر می‌رسد که انجام تمرینات موازی با دو ترتیب متقاوت E+S و S+E، بهبود معنی‌دار نشانگرهای ترکیب بدن، مقاومت به انسولین و نشانگر التهابی Lcn2 سرمی در زنان چاق را در پی دارد. لذا انجام شیوهٔ تمرینات را بدون در نظر گرفتن ترتیب فعالیت، می‌توان به عنوان راهکار درمانی موثر جهت بهبود نشانگرهای خطرزای چاقی در زنان پیشنهاد داد. هرچند به منظور درک بیشتر و دقیق تر سازوکارهای ناشی از تمرینات و به ویژه، ترتیب متفاوت فعالیت در این نوع برنامه‌های تمرینی، انجام مطالعات بیشتر و جامع‌تر ضروری به نظر می‌رسد.

تضاد منافع

بدین وسیله نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در پژوهش حاضر وجود ندارد.

قدردانی و تشکر

نویسندگان مقاله مراتب تقدیر و تشکر خود را از تمامی افرادی که در مطالعه حاضر همکاری داشته اند، را اعلام می‌دارند.

منابع

Alves, A.R., Marta, C.C., Neiva, H.P., Izquierdo, M., & Marques, M.C. (2017). Effects of order and sequence of resistance and endurance training on body fat in elementary school-aged girls. *Biology of Sport*, *34*(4), 379.

Baecke, J.A., Burema, J., & Frijters, J.E. (1982). A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *36*(5), 936-942.

Bagheri, R., Moghadam, B.H., Church, D.D., Tinsley, G.M., Eskandari, M., Moghadam, B.H., ... & Wong, A. (2020). The effects of concurrent training order on body composition and serum concentrations of follistatin, myostatin and GDF11 in sarcopenic elderly men. *Experimental Gerontology*, *133*, 110869.

Banitalebi, E., Hoseinzadeh, A., Mardanpour-Shahrekordi, Z., & Amani-shalamzari, S. (2015). Effect of three methods of combined training (strength and endurance) on serum adiponectin levels and insulin resistance in overweight elderly women. *Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences*, *20*(5), 30-40. **[In Persian]**

Chait, A., & den Hartigh, L.J. (2020). Adipose tissue distribution, inflammation and its metabolic consequences, including diabetes and cardiovascular disease. *Frontiers in Cardiovascular Medicine, 7*, **22.**

Chobineh, Z., Banitalebi, E., Bagheri, L., & Azimian, E. (2015). Comparing effects of two alternating order combination exercises (strength and endurance) on Blood pressure, Catecholamine's and Body composition in Overweight Postmenopausal Women. *Iranian Journal of Rehabilitation Research in Nursing, 2*(1), 66-78. **[In Persian]**

Consitt, L.A., Dudley, C., & Saxena, G. (2019). Impact of Endurance and Resistance Training on Skeletal Muscle Glucose Metabolism in Older Adults. *Nutrients, 11*(11), 2636.

Damirchi, A., Rahmani-Nia, F., & Mehrabani, J. (2011). Lipocalin-2: response to a progressive treadmill protocol in obese and normal-weight men. *Asian Journal of Sports Medicine, 2*(1), 44.

Faramarzi, M., Bagheri, L., & Banitalebi, E. (2018). Effect of sequence order of combined strength and endurance training on new adiposity indices in overweight elderly women. *Isokinetics and Exercise Science, 26*(2), 105-113.

Farshidi, Z., & Gaeini, A. (2018). Effects of progressive aerobic training on the levels of apelin and inflammation markers in obese women. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*, 6(12), 9-20. **[In Persian]**

Garber, C.E., Blissmer, B., Deschenes, M.R., Franklin, B.A., Lamonte, M.J., Lee, I.M., . . . & Swain, D.P. (2011). Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 43*(7), 1334–1359.

Goh, L.G., Dhaliwal, S.S., Welborn, T.A., Lee, A.H., & Della, P.R. (2014). Anthropometric measurements of general and central obesity and the prediction of cardiovascular disease risk in women: a cross-sectional study. *British Medical Journal Open*, *4*(2), **e004138.**

Hakimi, M., & Ali-Mohammadi, M. (2019). The effect of concurrent exercise order (resistance and endurance) on lipid profile, leptin serum and insulin resistance index in overweight women. *International Journal of Sports and Exercise Medicine*, *5*, **149.**

Hashemi, S.M.S., & Shabani, R. (2016). The effect of a change in concurrent endurance and strength training sequence on aerobic power and body composition. *Journal of Sport Biosciences, 8*(3), **427-445. [In Persian]**

Hickson, R.C. (1980). Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 45*(2-3), **255-263.**

Hosseini M., Shemshaki A., Saghebjoo M., & Gharari Arefi R. (2016). Effect of aerobic training and pistacia atlantica extract consumption on plasma levels of lipocalin-2 and insulin resistance index in streptozotocin-induced diabetic rats. *The Horizon of Medical Sciences, 22*(1), **27-33. [In Persian]**

Jackson, A.S., Pollock, M.L., & Ward, A. (1980). Generalized equations for predicting body density of women. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 12*(3), **175-181.**

Kargarfard, M., Shariat, A., Shaw, I., Haddadi, P., & Shaw, B.S. (2017). Effects of resistance and aerobic exercise training or education associated with a dietetic program on visfatin concentrations and body composition in overweight and obese women. *Asian Journal of Sports Medicine, 8*(4), **e57690.**

Kasch, J., Schumann, S., Schreiber, S., Klaus, S., & Kanzleiter, I. (2017). Beneficial effects of exercise on offspring obesity and insulin resistance are reduced by maternal high-fat diet. *PloS One, 12*(2), **e0173076.**

Liu, Y., Liu, S.-x., Cai, Y., Xie, K.-l., Zhang, W.-l., & Zheng, F. (2015). Effects of combined aerobic and resistance training on the glycolipid metabolism and inflammation levels in type 2 diabetes mellitus. *Journal of Physical Therapy Science, 27*(7), **2365-2371.**

Maesta, N., Nahas, E.A., Nahas-Neto, J., Orsatti, F.L., Fernandes, C.E., Traiman, P., & Burini, R.C. (2007). Effects of soy protein and resistance exercise on body composition and blood lipids in postmenopausal women. *Maturitas, 56*(4), **350-358.**

Mardanpour-Shahrekordi, Z., Banitalebi, E., Faramarzi, M., Bagheri, L., & Mardanpour-Shahrekordi, E. (2015). The effect of sequence order of combined training (resistance and endurance) on strength, aerobic capacity and body composition in older women: a randomized clinical trial. *Journal of Shahrekord University of Medical Sciences, 17*(3), **1-12. [In Persian]**

Matthews, D., Hosker, J., Rudenski, A., Naylor, B., Treacher, D., & Turner, R. (1985). Homeostasis model assessment: insulin resistance and β-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia, 28*(7), **412-419.**

Mehrabani, J., Damirchi, A., & Rahmani-Nia, F. (2014). Effect of two aerobic exercise intensities on lipocalin-2, interleukin-1ß levels, and insulin resistance index in sedentary obese men. *Sport Physiology, 6*(21), **95-108. [In Persian]**

Meyers, K., López, M., Ho, J., Wills, S., Rayalam, S., & Taval, S. (2020). Lipocalin-2 deficiency may predispose to the progression of spontaneous age-related adiposity in mice. *Scientific Reports, 10*(1), **1-12.**

Moghadasi, M., & Domieh, A.M. (2014). Effects of resistance versus endurance training on plasma lipocalin-2 in young men. *Asian Journal of Sports Medicine, 5*(2), **108.**

Mohammadi Domiyeh, A., & Khajehlandi, A. (2012). The effects of 8 eight weeks resistance versus endurance training on lipocalin-2 level in non-athlete male students. *Armaghane danesh, 17***(5), 460-468. [In Persian]**

Mohammadi, A. (2014). Effect of 8 weeks endurance training on plasma lipocalin-2 in overweight and obese men. *Advances in Environmental Biology,* **2273-2277.**

Nazari, S., TaheriChadorneshin, H., Marefati, H., & Abtahi-Eivary, S.H. (2020). The effect of rope jump training on serum levels of lipocalin-2, anthropometric parameters, and aerobic power in obese adolescent boys. *Journal of Basic Research in Medical Sciences, 7***(3), 7-18.**

Numao, S., Sasai, H., Nomata, Y., Matsuo, T., Eto, M., Tsujimoto, T., & Tanaka, K. (2012). Effects of exercise training on circulating retinol-binding protein 4 and cardiovascular disease risk factors in obese men. *Obesity Facts, 5***(6), 845-855.**

Pinheiro, B.N., Júnior, L.S., Uchoa, P.A., Almeida, S.B., Barroso, F.D., Cavalcante, J.F., ... & Vilaça-Alves, J. (2019). Does the exercise order affect body composition in ten weeks of concurrent training? *Motricidade, 15***(2-3), 32-39.**

Purnell, J.Q., Kahn, S.E., Albers, J.J., Nevin, D.N., Brunzell, J.D., & Schwartz, R.S. (2000). Effect of weight loss with reduction of intra-abdominal fat on lipid metabolism in older men. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 85***(3), 977-982.**

Sari-Sarraf, V., Amirsasan, R., & Halalkhor, F. (2018). Effect of concurrent training and flaxseed supplementation on insulin indicators and body composition in overweight women. *The Iranian Journal of Obstetrics, Gynecology and Infertility, 21***(8), 9-21. [In Persian]**

Soori, R., Mahmoodi, F., Ramezankhani, A., & Ranjbar, K. (2019). Effect of 12 weeks resistance training on nesfatn-1 and neuropeptide Y hormones in sedentary obese men. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*, *7***(13), 99-111. [In Persian]**

Sterling, M. (2011). General health questionnaire–28 (GHQ-28). *Journal of Physiotherapy*, *57***(4), 259.**

Talebi-garakani, E., Hoseini-Andargoli, M., Fathi, R., & Safarzade, A. R. (2012). Changes of adipose tissue lipocalin-2 gene expression in response to one session exercise in the streptozotocin-induced diabetic rats. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism, 14***(2), 178-184. [In Persian]**

Tolouei azar, j., Tofighi, A., & ghafari, G. (2019). Effect of 8 weeks of selected aquatic aerobic training on lipocalin-2, glycemic and lipid profile indices in overweight middle-aged men. *Journal of Sport Biosciences, 11***(3), 299-314. [In Persian]**

Vaisi-Raygani, A., Mohammadi, M., Jalali, R., Ghobadi, A, & Salari, N. (2019). The prevalence of obesity in older adults in Iran: a systematic review and meta-analysis. *BMC Geriatrics*, *19***(1), 1-9.**

Yan, Q.W., Yang, Q., Mody, N., Graham, T. E., Hsu, C.H., Xu, Z., ... & Rosen, E. D. (2007). The adipokine lipocalin 2 is regulated by obesity and promotes insulin resistance. *Diabetes, 56***(10), 2533-2540.**

Yang, K., Deng, H.B., Man, A.W., Song, E., Zhang, J., Luo, C., ... & Irmukhamedov, A. (2017). Measuring non-polyaminated lipocalin-2 for cardiometabolic risk assessment. *ESC Heart Failure, 4***(4), 563-575.**