

The effect of eight weeks of ketogenic diet and resistance training on insulin resistance index and lipid profile in women with polycystic ovary syndrome

Mahnoush Mehrzad samarin¹, Mandana Gholami^{2*}, Fereshteh Shahmohamadi³

Receive 2023 February 24; Accepted 2023 April 30

Abstract

Aim: PCOS is a common endocrine disorder in women of reproductive age. The present study aimed to investigate the effect of 8 weeks of resistance training and a ketogenic diet on insulin resistance and lipid profile in overweight and obese women with PCOS. **Methods:** This study involved 60 women (15–40 years) with a BMI of 25-39.9 and a fat percentage of 29-38% being randomly divided into four groups. Control (n=15), diet (n=15), resistance training (n=15), and exercise+diet (n=15). The exercise group and the exercise group + diet both participated in the exercise program for 8 weeks, with the diet group only adhering to an adjusted diet. Blood was drawn from subjects 48 hours before the training period began and after it concluded. **Results:** The findings indicated that, after 8 weeks, there was a significant disparity observed in the body composition variables, lipid profile, and insulin resistance index (p 0.05). Upon examining the post-test results compared with the pre-test results in the control group, it was found that there was a significant increase in HDL-C, whereas, in the intervention groups, there was a significant decrease in HDL-C. **Conclusion:** To improve their weight and health, overweight women with PCOS should modify their lifestyle by ketogenic diet and engaging in regular exercise. However, this is limited to overweight and obese women with PCOS; more research is needed.

Keywords: Resistance training, ketogenic diet, polycystic ovary syndrome, insulin resistance, lipid profile.



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

1. Master student of sport Physiology, Education and Sport Science Department of Physical Education and Sport Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Associate Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran ***(corresponding author)** (gholami_man@yahoo.com)
3. Assistant Professor, Department of Obstetrics and Gynecology, Faculty of Medicine, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Cite as: Mehrzad samarin, Mahnoush. Gholami, Mandana. Shahmohamadi, fereshteh. The effect of eight weeks of ketogenic diet and resistance training on insulin resistance index and lipid profile of women with polycystic ovary syndrome. Applied Health Studies in Sport Physiology. 2024, 11, 1: 67-81.

Owner and Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

Journal ISSN (online): 2676-6507

Access Type: Open Access

DOI: 10.22049/JAHSSP.2023.28273.1543

DOR:



Copyright ©The authors

Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

Extended abstract

Background:

PCOS is one of the most common endocrine disorders in women of reproductive age and includes a range of diseases with features such as skin hyperandrogenism, hirsutism, irregular menstruation, visceral obesity, and insulin resistance. Treatment of PCOS usually involves a multifaceted approach, including targeted medications and lifestyle changes. One of the most essential non-pharmacological treatments for this disease is changes in diet and exercise, which can increase the chance of ovulation and reduce the risk of metabolic syndrome. For this reason, the current research is trying to find an answer to whether eight weeks of resistance training and a ketogenic diet improve insulin resistance and lipid profile in women with polycystic ovary syndrome.

Materials and Methods:

The design of this study was semi-experimental with a pre-test-post-test design. A public call was made to select subjects. Posters or in person were used to announce conditions in health centers, hospitals, and gynecologists' offices. The statistical population includes 60 women aged 15 to 40 who suffer from Polycystic Ovarian Syndrome and are obese or overweight.

Experimental design:

The calculation of their BMI was done after measuring their height and weight. Individuals with a body mass index of 25-39.9 kg/m² were chosen. After selecting qualified subjects (N=60), these subjects were randomly divided into four control groups (N=15), diet (N=15), resistance training (N=15), and diet + resistance training (N=15). This study was carried out after having been approved by the Ethics Committee of the Research Sciences Unit of the Azad Islamic University, with the code of ethics IR.IAU.SRB.REC.1401.181 in 2021-2022.

Training protocol:

The 8-week resistance training program was carried out under the supervision of a sports coach. During the first week, the correct execution of each exercise was demonstrated and the participants got to know it. The resistance training program for both training and training+diet groups was about 60 minutes in the whole period. The selection and sequence of exercises never changed over time and between groups. The exercises include a 10-minute initial warm-up (static stretching movements and then kinetic movements). The central part of the program includes seven exercises, including leg extensions and leg presses for the calf muscles, lat and lower row devices for the back muscles, and chest devices. The chest press was performed for the chest muscles and the shoulder press was performed for the shoulder muscles. Each exercise was presented with four sets of 8 to 12 repetitions in the range of 60 to 80% of the maximum one repetition. Each set was done with about 30 seconds to 1 minute of rest between sets and 2 minutes of rest between exercises.

Diet protocol:

The diet's carbohydrate intake was estimated to be 5% of the total energy. It was believed that the diet had 20% protein. 75% of the total energy was assigned to the group of fats. After converting the number of macronutrients into grams, the monthly food menu was prepared by the nutrition expert with respect to diversity, and the participants chose the food of their choice for each meal from the prescribed list.

Assessment of studied factors:

Blood was drawn from subjects 48 hours before the training period began and after it concluded. At the end of eight weeks, to investigate the effect of resistance training and diet on changes in lipid profile and insulin resistance index, 5 cc of blood was taken from the radial vein of the subject's right hand after at least 8 hours of fasting. Assessment of insulin resistance was calculated through basal glucose and insulin levels with a simple non-linear mathematical equation.

Statistical analysis :

In the inferential statistics section, according to the normality of the data, the Kolmogorov-Smirnov test, the ANCOVA statistical test, and the paired t-test were used. A significant level ($p < 0.05$) was considered and spss.26 software was used to perform statistical calculations.



Results:

The findings showed a significant difference between the groups in the variables of body weight, body mass index, body composition, lipid profile, fasting blood sugar, insulin, and insulin resistance ($p=0.001$). Also, after examining the post-test compared to the pre-test, a significant difference was found between them ($p<0.05$), so in the control group with a significant increase except for HDL-C and in the intervention groups with a decrease. It was significant except for HDL-C in the mentioned variables.

Discussion:

Carbohydrate restriction reduces glucose availability and insulin output and may increase the concentration of counter regulatory hormones such as catecholamines and glucagon, thereby increasing adipose tissue lipolysis and a metabolic shift from fat storage to fatty acid release and oxidation. It seems that carbohydrate restriction in combination with exercise and especially resistance exercise has an advantage over low-fat diets combined with exercise and low-carb diets without exercise in improving body composition. Viza et al. evaluated the effect of three months of resistance training on the blood and functional factors of women with PCOS and found that the increase in fat-free mass, the decrease in fat mass, improved lipid profile, and increased strength were observed in subjects. Kogur et al. (2019), tested four months of increasing resistance training on women with PCOS, and at the end, they concluded a reduction in fat mass and a reduction in waist-to-hip ratio. Vidic et al. (2021), in a six-week carbohydrate-restricted diet trial, reported that serum insulin levels were inversely related to body fat loss, with approximately 70% of the change in fat loss accounted for by low serum insulin levels.

Article message:

These results are limited to overweight and obese women with PCOS, and more research is needed to evaluate the benefits of exercise in lean and normal-weight women with PCOS. Also, more studies are needed to evaluate the individual effects of different exercise methods and the long-term effects of diet and exercise therapy in women with PCOS. Limitations of the research are the lack of control of the subjects' stress during daily life during the interference period, and the lack of control of the subjects' stress during blood sampling.

مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش

سال یازدهم، شماره اول؛

بهار و تابستان ۱۴۰۳؛ صفحات ۶۷-۸۱

Open Access

مقاله پژوهشی

اثر هشت هفته رژیم کتوژنیک و تمرین مقاومتی بر شاخص مقاومت به انسولین و نیمرخ لیپیدی در زنان مبتلا به سندرم تخمدان پلی کیستیک

مهنوش مهرزاد ثمرین^۱، ماندانا غلامی^{۱*}، فرشته شاه محمدی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۱۰

چکیده

هدف: سندرم تخمدان پلی کیستیک (PCOS) یکی از شایع‌ترین اختلالات غدد درون‌ریز زنان، بخصوص در سنین باروری است. پژوهش حاضر باهدف تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی و رژیم کتوژنیک بر مقاومت به انسولین و نیمرخ لیپیدی در زنان دارای اضافه‌وزن و چاق مبتلا به PCOS انجام شد. **روش‌شناسی:** در این پژوهش ۶۰ زن (۱۵-۴۰ سال) مبتلا به PCOS و دارای BMI ۳۹/۹ - ۲۵ و درصد چربی ۳۸-۲۹٪، به‌طور تصادفی در چهار گروه کنترل (n=۱۵)، رژیم غذایی (n=۱۵)، تمرین مقاومتی (n=۱۵) و تمرین+رژیم غذایی (n=۱۵) تقسیم شدند. گروه تمرین و گروه تمرین+رژیم غذایی، هشت هفته در برنامه‌ی تمرین مقاومتی شرکت کردند و گروه رژیم غذایی فقط از برنامه غذایی تنظیم‌شده استفاده کرد. ۴۸ ساعت قبل از شروع دوره‌ی تمرینی و بعد از اتمام آن از آزمودنی‌ها خون‌گیری به عمل آمد. برای آنالیز آماری از نرم‌افزار SPSS26 استفاده شد ($p < 0.05$). **یافته‌ها:** پس از ۸ هفته، تفاوت معناداری میان گروه‌ها در متغیرهای ترکیب بدن، پروفایل لیپیدی، شاخص مقاومت به انسولین مشاهده شد ($p=0.001$). پس از بررسی پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون در گروه کنترل با افزایش معنادار به‌غیراز HDL-C و در گروه‌های تداخل با کاهش معنادار به‌غیراز HDL-C در متغیرهای مذکور همراه بود. **نتیجه‌گیری:** اصلاح سبک زندگی (رژیم کتوژنیک+ورزش منظم)، یک استراتژی درمانی ترجیحی در زنان دارای اضافه‌وزن و چاق مبتلا به PCOS است. بالین‌حال، این نتایج به زنان دارای اضافه وزن و چاق مبتلا به سندرم تخمدان پلی کیستیک محدود است و تحقیقات بیشتری موردنیاز است.

واژه‌های کلیدی: تمرین مقاومتی، رژیم کتوژنیک، سندرم تخمدان پلی کیستیک، مقاومت به انسولین، نیمرخ لیپیدی



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

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزش، گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲. دانشیار، گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول): gholami_man@yahoo.com
۳. استادیار، گروه زنان و زایمان، دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی آزاد اسلامی، تهران، ایران.

نحوه ارجاع: مهرزاد ثمرین، مهنوش، غلامی، ماندانا، شاه محمدی، فرشته. "اثر هشت هفته رژیم کتوژنیک و تمرین مقاومتی بر شاخص مقاومت به انسولین و نیمرخ لیپیدی زنان مبتلا به سندرم تخمدان پلی کیستیک". مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش. ۱۴۰۳؛ ۱۱ (۱): ۶۷-۸۱.

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

شاپای الکترونیکی: ۶۵۰۷-۲۶۷۶

نوع دسترسی: آزاد

DOI: 10.22049/JAHSSP.2023.28273.1543

DOR: 20.1001.



مقدمه

قد خون، انسولینمی، التهاب مزمن و وزن بدن را کاهش دهند و حساسیت به انسولین را بهبود بخشند (۳۶). داده‌های موجود در مقالات، اگرچه اندک، این فرض را تأیید می‌کنند که رژیم کتوزیک با اصلاح هیپرانسولینمی و بهبود ترکیب بدن، می‌تواند به بهبود علائم بالینی در PCOS کمک کند (۶)؛ که به‌نوبه‌ی خود، یک استراتژی پیشگیرانه‌ی ارزشمند نیز هست. رژیم کتوزیک با کاهش دریافت کربوهیدرات باعث ایجاد وضعیت متابولیک به نام کتوز فیزیولوژیکی می‌شود، این رژیم غذایی پرچرب و کم کربوهیدرات، در دسترس بودن گلوکز را محدود می‌کند و باعث تغییر منبع انرژی از گلوکز به اسید چرب می‌شود (۷).

فعالیت بدنی به کاهش مقاومت به انسولین کمک می‌کند. پژوهشگران بر این باورند که ورزش منظم و نه‌چندان سنگین برای مبتلایان به سندرم تخمدان پلی‌کیستیک جدا از درمان‌های کلینیکی، روشی سالم و طبیعی است. به‌خوبی اثبات‌شده که کاهش وزن متوسط ۵ تا ۱۴ درصدی از طریق محدودیت انرژی و فعالیت ورزشی عملکرد تولیدمثل و مشخصات هورمونی را در زنان چاق و دارای اضافه‌وزن مبتلا به سندرم تخمدان پلی-کیستیک بهبود می‌بخشد (۸).

تمرین مقاومتی اساساً با هدف آمادگی عضلانی، با تمرین یک عضله یا گروه عضلانی در برابر مقاومت خارجی انجام می‌شود. در نتیجه، شرکت در این نوع تمرین به‌طور مستقیم ظرفیت‌های قدرت را بهبود می‌بخشد. تحقیقات نشان داده‌اند که انقباض مکرر عضلانی در غیاب انسولین، ورود گلوکز به داخل سلول‌های عضلانی و در نتیجه مصرف آن را تسهیل می‌کند (۹). با انجام فعالیت‌های ورزشی، سطح پروتئین‌های ناقل گلوکز افزایش‌یافته و باعث کاهش مقاومت به انسولین می‌گردد (۱۰). تمرین مقاومتی با تأثیر مستقیم بر حجم عضلات باعث افزایش متابولیسم پایه و کاهش میزان چربی بدن می‌گردد (۸).

شواهد در مورد اثرات تمرین مقاومتی و رژیم کتوزیک بر پیامدهای سلامتی زنان مبتلا به PCOS، مثبت اما مقدماتی است. نتایج قطعی اثر انواع تمرینات ورزشی در کنترل این سندرم هنوز نامشخص باقی‌مانده و یافته‌ها در گزارش‌های پژوهشی این حوزه دارای ابهاماتی است (۱۱). درحالی‌که شواهد نشان می‌دهد که ورزش هوازی ممکن است مفید باشد، کمتر در مورد اثربخشی تمرین مقاومتی مطالعه شده است، که ممکن است برای کسانی که سطح آمادگی جسمانی پایینی دارند یا قادر به شرکت در تمرینات هوازی نیستند، امکان‌پذیرتر باشد (۱۲).

کارآزمایی‌های بالینی برای مدیریت درمان، تأیید مزایای سلامتی، پاسخ به سؤالات تحقیقاتی در مورد دوز درمانی و کشف استراتژی‌های رفتاری برای ترویج تمرین مقاومتی مورد نیاز است (۱۳). بدین سبب تحقیق پیش رو درصدد یافتن پاسخ به این سؤال است که آیا هشت هفته تمرین مقاومتی

PCOS یکی از شایع‌ترین اختلالات غدد درون‌ریز در سنین باروری زنان است و طیفی از بیماری‌ها همچون هیپراندرژیسم پوستی مانند هیپرسوتیسم^۱، آکنه‌ی مقاوم به درمان، طاسی با الگوی مردانه یا زنانه، قاعدگی نامنظم (مانند آمنوره یا خونریزی نامنظم)، چاقی احشایی و مقاومت به انسولین را دربر می‌گیرد. هیپرانسولینمی^۲ و بروز زودرس دیابت نوع دو در بیماران مبتلا به این سندرم بیشتر از جمعیت سالم است (۱).

در زنان مبتلا به PCOS به دلیل سطوح بالای آندروژن میزان چربی احشایی و زیر جلدی بدن افزایش می‌یابد. چاقی شکمی می‌تواند با افزایش چربی احشایی توسط هیپراندرژیسم خود را نشان دهد و باعث بروز مقاومت به انسولین شود. در مطالعه‌ای مشخص شد که مقاومت به انسولین در ۶۹/۳ درصد از مبتلایان به PCOS شیوع دارد. مقاومت به انسولین شرایطی است که در آن غلظت طبیعی انسولین اثرات بیولوژیکی ضعیف‌تری ایجاد می‌کند (۲).

به‌نظر می‌رسد مکانیسم مولکولی مقاومت به انسولین در PCOS منحصربه‌فرد و مختص این سندرم است و با مقاومت به انسولین موجود در چاقی متفاوت است. پاتوژنز PCOS نشان داده که رویکرد تغذیه‌ای خاص می‌تواند حساسیت به انسولین را بهبود بخشد و توده‌ی چربی را کاهش دهد. الگوی دیس‌لیپیدی^۳، در زنان مبتلا به PCOS رایج هست و مطالعات متعددی آن را ارزیابی کرده‌اند ولی نتایج متناقضی را به دلیل عواملی مانند نژاد، تغذیه، سبک زندگی و تفاوت‌های اقتصادی و جغرافیایی در جمعیت مورد مطالعه‌ی خود گزارش کرده‌اند. چاقی شکمی ارتباط مثبتی با افزایش مقدار LDL^۴ و VLDL^۴ و نسبت معکوس با مقدار HDL دارد (۳). پژوهشی برای بررسی تأثیر چاقی شکمی بر پارامترهای متابولیک زنان مبتلا به PCOS بر روی هشتاد زن ۲۰ تا ۳۵ ساله انجام شد و نشان داد که زنان مبتلا، دارای پروفایل لیپوپروتئین آتروژنیک هستند که با افزایش کلسترول، LDL و تری‌گلیسیرید به‌ویژه در افراد چاق مشخص می‌شود که ممکن است عامل خطری برای ایجاد عوارض قلبی-عروقی باشد (۴).

درمان PCOS معمولاً شامل رویکردی چندجانبه از داروهای هدفمند و اصلاح سبک زندگی است. از مهم‌ترین درمان‌های غیردارویی این بیماری کاهش وزن، تغییر و اصلاح در رژیم غذایی و انجام تمرینات ورزشی است، که می‌تواند در کنار یکدیگر شانس تخمک‌گذاری را افزایش و خطر ابتلا به سندرم متابولیک را کاهش دهند (۵). برخی از رویکردهای غذایی (مانند رژیم کتوزیک) می‌توانند پتانسیل درمانی داشته باشند، زیرا می‌توانند سطح

^۱ Dyslipidemia^۲ Very-low-density lipoprotein^۳ Hirsutism^۴ Hyperinsulinemia

سبک زندگی خود ادامه دهند. هر چهار گروه در طول دوره‌ی تحقیق گزارش هفتگی از تمرین و رژیم غذایی خود به محقق اعلام کردند. در پایان هشت هفته به منظور بررسی تأثیر تمرین مقاومتی و رژیم غذایی بر تغییرات نیمرخ لیپیدی و شاخص مقاومت به انسولین پس از حداقل ۸ ساعت ناشتایی ۵ سی‌سی خون از ورید رادیال دست راست آزمودنی توسط کارشناس آزمایشگاه گرفته شد. تمام نمونه‌های خون در لوله‌های حاوی EDTA^۵ و جداکننده سرم واکوتاینر جمع‌آوری شد، به‌طور مختصر روی یخ قرار داده شد و سپس در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. سرم و پلاسمای جدا شده تا زمان استفاده بعدی در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. آزمایش تمام افراد قبل و بعد از مداخله، در یک آزمایشگاه واحد انجام شد تا اطمینان بیشتری از یکسان بودن نحوه‌ی آزمایش و نتایج وجود داشته باشد. ارزیابی مقاومت به انسولین از طریق سطوح پایه‌ی گلوکز و انسولین با معادله‌ی غیرخطی ساده‌ی ریاضی محاسبه شد.

$$\text{HOMA-IR} = \frac{\text{Glucose} \times \text{Insulin}}{22.5}$$

شرکت‌کنندگان قبل از شروع تمرینات با نحوه‌ی صحیح اجرای تمرین با وزنه آشنا شدند و سپس یک تکرار بیشینه‌ی حرکات مورد نظر با فرمول Brzycki^۶ برای هر فرد محاسبه شد.

$$\text{IRM}^{\text{f}} = \text{Weight} \div (1.0278 - (0.0278 \times \text{Number of repetitions}))$$

۸ هفته برنامه‌ی تمرین مقاومتی زیر نظر مربی ورزشی انجام شد. برنامه‌ی تمرینی برای هر دو گروه تمرین و تمرین+رژیم در تمام دوره حدود ۶۰ دقیقه بود. انتخاب و توالی تمرین در طول زمان و بین گروه‌ها هرگز تغییر نکرد. تمرینات شامل گرم کردن ۱۰ دقیقه‌ای (حرکات کششی ایستا و جنبشی)، بخش مرکزی برنامه شامل اکستنشن پا و پرس ساق پا برای عضلات ساق پا، دستگاه لت و ردیف پایین برای عضلات پشت، دستگاه سینه‌ای و پرس سینه برای عضلات سینه و پرس شانه برای عضلات شانه بود. هر تمرین چهار ست ۸ تا ۱۲ تکراری در محدوده‌ی ۶۰ تا ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه ارائه شد. بین هر ست ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه استراحت و بین هر تمرین ۲ دقیقه استراحت در نظر گرفته شد. ابتدا مربی حجم کاری هر شرکت‌کننده را ۱۰ تکرار برای هر تمرین در نظر گرفت. هر زمان شرکت‌کنندگان در تمرینی به کمتر از ۸ تکرار رسیدند، کاهش ۵٪ از وزنه توصیه شد که پس از یک استراحت کوتاه تمرین کنند و اگر به بیش از ۱۲ تکرار برسند، پس از یک استراحت کوتاه افزایش ۵٪ وزنه لازم بود. علاوه بر این، برای رعایت اصول اولیه‌ی پیشرفت تمرینات مقاومتی، مربی

همراه با رعایت رژیم کتوزیک باعث بهبود مقاومت انسولینی و نیمرخ لیپیدی در زنان مبتلا به سندرم تخمدان پلی‌کیستیک می‌شود یا خیر.

روش پژوهش

این مطالعه از نوع نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون بود که پس از تأیید در کمیته‌ی اخلاق معاونت پژوهش و فن‌آوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات با شناسه‌ی اخلاق IR.IAU.SRB.REC.1401.181 در سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰ انجام شد. برای انتخاب آزمودنی‌ها، فراخوان عمومی داده شد. همچنین در مراکز بهداشتی، بیمارستان‌ها و مطب متخصصین زنان نیز شرایط با استفاده از پوسترها یا به‌صورت حضوری اعلام شد. ابتدا اطلاعات لازم در مورد موضوع تحقیق، هدف، فواید مداخله‌ی تغذیه‌ای و ورزشی بر سندرم تخمدان پلی‌کیستیک، نحوه‌ی اجرا و خطرات احتمالی به افرادی که توسط پزشک معرفی شده و داوطلب شرکت در طرح بودند، داده شد. مشخصات کلی داوطلب‌ها از جمله سن، قد و وزن آن‌ها ثبت شد. پس از اندازه‌گیری قد و وزن، BMI آن‌ها محاسبه شد. افرادی که شاخص توده‌ی بدنی آن‌ها $39/9 \text{ Kg/m}^2 - 25$ بود، انتخاب شدند.

آزمودنی‌هایی که شرایط ورود را داشتند، رضایت‌نامه‌ی کتبی برای شرکت در پژوهش را امضا کردند و آن‌هایی که معیارهای خروج از مطالعه را داشتند، کنار گذاشته شدند. زنانی که سابقه‌ی عدم تحمل گلوکز یا دیابت غیر وابسته به انسولین داشتند و زنانی که نهایتاً ۳ ماه قبل از ثبت‌نام، از داروهایی استفاده می‌کردند که بر ترشح یا عملکرد انسولین تأثیر می‌گذارد، مانند قرص‌های ضدبارداری خوراکی، از مطالعه خارج شدند و هیچ‌یک از زنان تحت درمان با داروهای کاهنده‌ی قند خون مانند متفورمین نبودند. پس از انتخاب آزمودنی‌های واجد شرایط ($N=60$)؛ این افراد به‌صورت تصادفی در چهار گروه کنترل ($N=15$)، گروه رژیم غذایی ($N=15$)، گروه تمرین مقاومتی ($N=15$) و گروه رژیم غذایی+تمرین مقاومتی ($N=15$) تقسیم شدند.

تست آنالیز بدن با استفاده از دستگاه inbody 270 با اطلاع قبلی آزمودنی‌ها و توضیح نحوه‌ی اجرا در کلینیک تغذیه انجام و نتایج آن ثبت شد. آزمایش خون اولیه نیز با اطلاع قبلی آزمودنی‌ها در زمان مقرر به‌صورت ناشتا در آزمایشگاه از پیش تعیین‌شده انجام و نتایج آن ثبت شد.

در گروه مداخله‌ی ورزشی (تمرین مقاومتی) و مداخله‌ی تغذیه-ورزشی (رژیم غذایی+تمرین)، هشت هفته تمرین مقاومتی، سه جلسه در هفته و هر جلسه به مدت ۵۰ تا ۶۰ دقیقه صورت گرفت. همچنین گروه مداخله‌ی تغذیه‌ای (رژیم غذایی) و مداخله‌ی تغذیه-ورزشی (رژیم غذایی+تمرین)، هشت هفته از برنامه غذایی تنظیم‌شده استفاده کردند. شرکت‌کنندگان در گروه کنترل هیچ مداخله‌ای دریافت نکردند و از آن‌ها خواسته شد که به

^۶ One-rep max

^۵ Ethylenediaminetetraacetic acid



یافته‌ها

در یافته‌ها تفاوت معناداری میان گروه‌ها در متغیرهای وزن بدن، شاخص توده‌ی بدن، ترکیب بدن، پروفایل لیپیدی، قند خون ناشتا، انسولین و مقاومت به انسولین ($p=0/001$) مشاهده شد. همچنین پس از بررسی پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون تفاوت معناداری میان آن‌ها مشخص شد ($p<0/05$) به طوری که در گروه کنترل با افزایش معنادار به‌غیر از HDL-C و در گروه‌های تداخل با کاهش معنادار به‌غیر از HDL-C در متغیرهای ذکرشده همراه بود. جدول ۱ نتایج تحلیل آماری آنکووا را در متغیرهای موردنظر نشان می‌دهد. با توجه به میزان ($p=0/001$) تفاوت معناداری میان گروه‌ها در متغیرهای موردنظر وجود داشت.

پس از بررسی دوبه‌دوی گروه‌ها با استفاده از آزمون تعقیبی بونفرونی مشخص شد در متغیرهای وزن بدن، BMI، درصد چربی بدن، انسولین، مقاومت به انسولین، تری‌گلیسیرید، کلسترول کم‌چگال (LDL) و کلسترول پرچگال (HDL) تفاوت معناداری وجود دارد. میان گروه‌های کنترل و رژیم‌غذایی ($p=0/001$)، کنترل و تمرین مقاومتی ($p=0/001$)، کنترل و رژیم‌غذایی+تمرین ($p=0/001$)، رژیم‌غذایی و رژیم-غذایی+تمرین ($p=0/001$) و تمرین مقاومتی و رژیم‌غذایی+تمرین ($p=0/001$) تفاوت معناداری وجود داشت. همچنین در متغیر قند خون ناشتا، مشخص شد میان گروه‌های کنترل و رژیم‌غذایی ($p=0/001$)، کنترل و تمرین مقاومتی ($p=0/001$)، کنترل و رژیم‌غذایی+تمرین ($p=0/001$)، تفاوت معناداری وجود داشت. پس از مقایسه‌ی داده‌های پیش‌آزمون-پس‌آزمون با آزمون تی‌تست زوجی در هر متغیر و گروه، نتایج جدول ۲ به دست آمد.

هر ۲ هفته یک‌بار شدت را ۵ درصد در یک تمرین گروهی عضلانی (پا، پشت، سینه یا شانه) افزایش داد و آن را بر روی شرکت‌کنندگان آزمایش کرد: اگر قادر به انجام آن بودند، حجم کار جدید تعیین می‌شد، درحالی‌که اگر قادر به انجام آن نبودند، حجم کار تغییر نمی‌کرد. درنهایت، شرکت‌کنندگان ۱۰ دقیقه سرد کردن را (حرکات کششی) انجام دادند. برنامه‌ی تمرینی در روزهای فرد (۶ بعدازظهر) با ۴۸ ساعت استراحت بین جلسات انجام شد (۱۴).

قبل از شروع مطالعه، مشاور تغذیه به هر آزمودنی در مورد ویژگی‌های رژیم کتوژنیک آموزش داد. در گروه‌هایی که مداخله‌ی تغذیه‌ای داشتند، ابتدا محاسبه‌ی انرژی برای هر فرد بر مبنای وزن اولیه با استفاده از فرمول میفلین^۶ که دقیق‌ترین معادله برای تعیین REE است، صورت گرفت. در این فرمول W وزن واقعی به کیلوگرم، H قد برحسب سانتی‌متر و A سن بر اساس سال است.

کیلوکالری در روز = $10W + 6.25H - 5A - 161$
 میزان کربوهیدرات رژیم ۵ درصد انرژی کل و میزان پروتئین رژیم ۲۰ درصد انرژی کل در نظر گرفته شد. ۷۵ درصد از انرژی کل نیز به گروه چربی‌ها تعلق گرفت. بعد از تبدیل میزان درشت مغذی‌ها به گرم، منوی غذایی با رعایت تنوع، توسط کارشناس تغذیه تنظیم شد و شرکت‌کنندگان از لیست تجویز شده، غذای دلخواه هر وعده را انتخاب کردند. پیگیری و پشتیبانی رژیم غذایی شرکت‌کنندگان به‌صورت تماس تلفنی ۲۰ تا ۳۰ دقیقه‌ای توسط کارشناس تغذیه دو بار در هفته انجام شد و طی این مکالمات نکات مهم تغذیه‌ای و پاسخ به پرسش‌های آزمودنی‌ها ارائه شد. در بخش آمار استنباطی با توجه به طبیعی بودن داده‌ها از طریق آزمون کولموگروف اسمیرنوف، از آزمون آماری آنکووا و تی‌تست زوجی استفاده شد. سطح معنی‌داری $p<0.05$ در نظر گرفته و برای انجام محاسبات آماری از نرم‌افزار spss.26 استفاده شد.

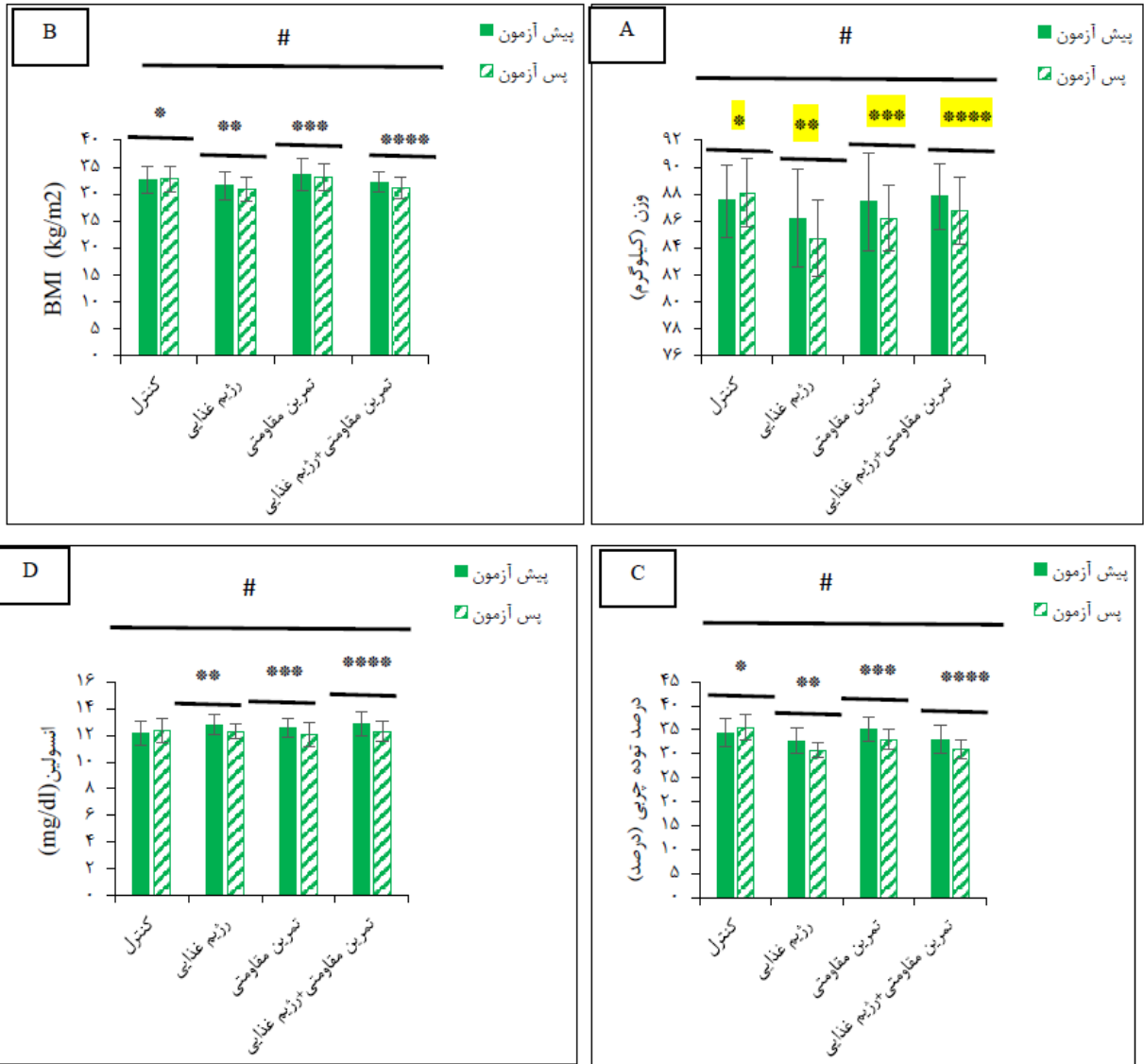
جدول ۱- نتایج آزمون آماری آنکووا در متغیرهای موردنظر

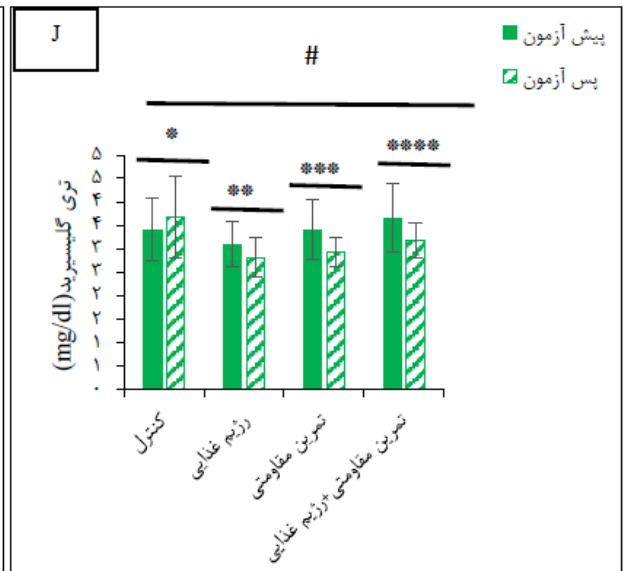
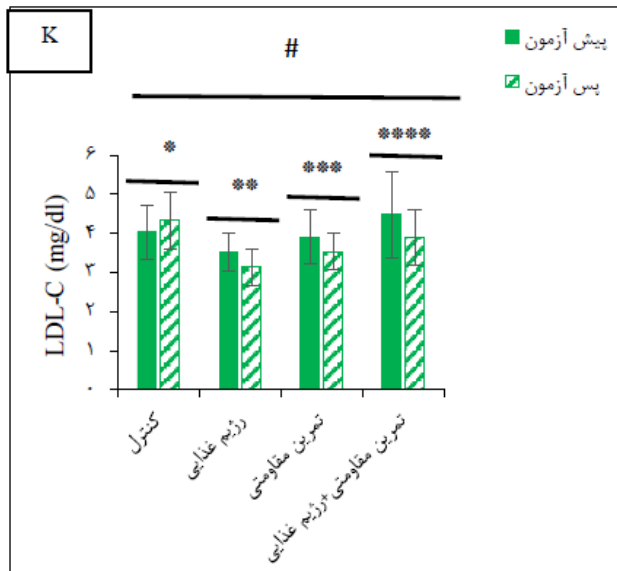
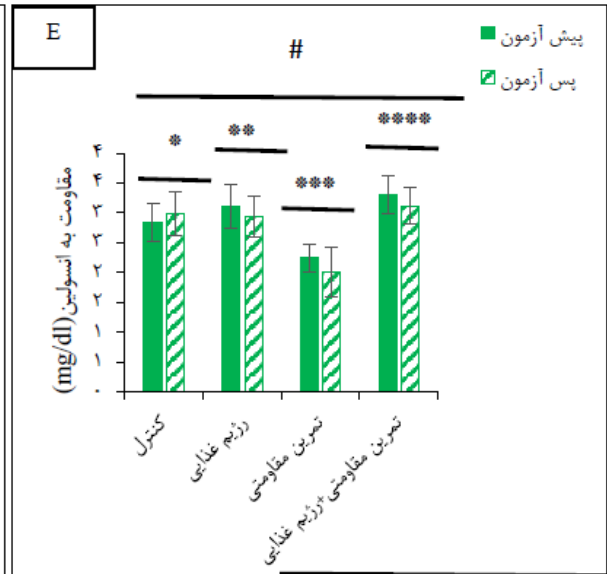
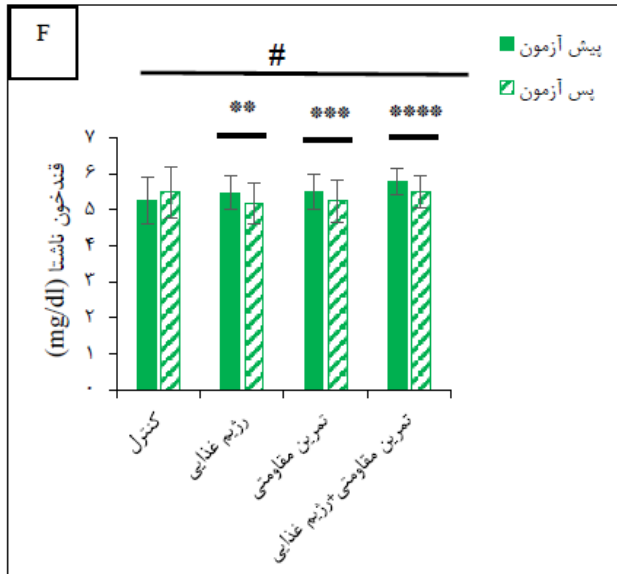
متغیر	F	P
وزن بدن (کیلوگرم)	۱۲۸/۵۱	۰/۰۰۱
شاخص توده‌ی بدن ($kg.m^{-2}$)	۱۰۵/۹۵	۰/۰۰۱
توده‌ی چربی (درصد)	۴۴/۳۹	۰/۰۰۱
قند خون ناشتا (mg/dl)	۱۶/۹۷	۰/۰۰۱
انسولین (mg/dl)	۱۷/۱۵	۰/۰۰۱
مقاومت به انسولین	۳۲/۷۵	۰/۰۰۱
تری گلیسیرید (TG) (mg/dl)	۶۶/۱۶	۰/۰۰۱
کلسترول کم چگال (LDL) (mg/dl)	۹۷/۰۰	۰/۰۰۱

^۶ Mifflin-St. Jeor

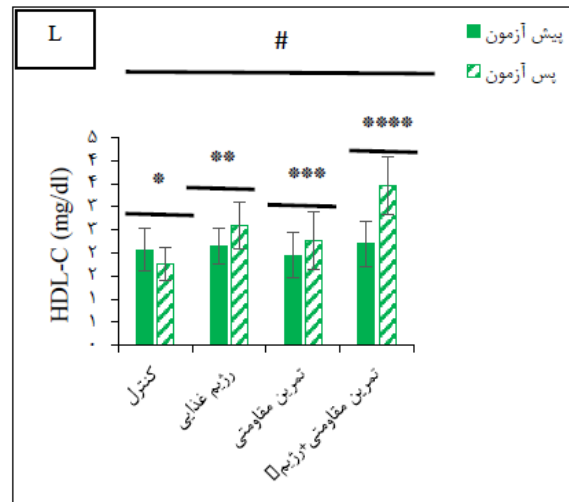


		۹۴/۳۸	(mg/dl) (HDL) کلسترول پر چگال	
		۰/۰۰۱		
جدول ۲- نتایج آنالیز زمان‌های پیش‌آزمون-پس‌آزمون به تفکیک متغیرها و گروه‌های آن‌ها				
P	t	گروه	متغیر	
۰/۰۰۱	۱۲۸/۵۱	کنترل	وزن بدن (کیلوگرم)	
۰/۰۰۱	۸/۸۵	رژیم غذایی		
۰/۰۰۱	۱۰/۸۵	تمرین مقاومتی		
۰/۰۰۱	۲۰/۹۲	تمرین مقاومتی+رژیم غذایی		
۰/۰۰۱	۵/۳۴	کنترل	شاخص توده‌ی بدن (BMI) (Kg/m ²)	
۰/۰۰۱	۸/۷۶	رژیم غذایی		
۰/۰۰۱	۱۰/۲۰	تمرین مقاومتی		
۰/۰۰۱	۲۲/۶۲	تمرین مقاومتی+رژیم غذایی		
۰/۰۰۴	۳/۳۹	کنترل	توده‌ی چربی (درصد)	
۰/۰۰۴	۳/۴۶	رژیم غذایی		
۰/۰۰۱	۵/۷۷	تمرین مقاومتی		
۰/۰۰۱	۹/۰۴	تمرین مقاومتی+رژیم غذایی		
۰/۱۴۸	۱/۵۳	کنترل	قند خون ناشتا (mg/dl)	
۰/۰۰۱	۹/۲۷	رژیم غذایی		
۰/۰۰۱	۴/۶۰	تمرین مقاومتی		
۰/۰۰۱	۱۰/۶۶	تمرین مقاومتی+رژیم غذایی		
۰/۱۱۲	۱/۶۵	کنترل	انسولین (mg/dl)	
۰/۰۰۱	۸/۷۲	رژیم غذایی		
۰/۰۱۲	۲/۸۸	تمرین مقاومتی		
۰/۰۰۱	۶/۴۱	تمرین مقاومتی+رژیم غذایی		
۰/۱۰۱	۱/۷۵	کنترل	مقاومت به انسولین	
۰/۰۰۱	۱۴/۴۹	رژیم غذایی		
۰/۰۰۱	۲۱/۴۸	تمرین مقاومتی		
۰/۰۰۱	۱۲/۷۵	تمرین مقاومتی+رژیم غذایی		
۰/۰۰۱	۶/۵۶	کنترل	تری گلیسیرید (TG) (mg/dl)	
۰/۰۰۱	۶/۸۲	رژیم غذایی		
۰/۰۰۱	۳/۹۴	تمرین مقاومتی		
۰/۰۰۱	۱۰/۹۰	تمرین مقاومتی+رژیم غذایی		
۰/۰۰۱	۸/۹۰	کنترل	کلسترول کم چگال (LDL) (mg/dl)	
۰/۰۰۱	۶/۵۶	رژیم غذایی		
۰/۰۰۱	۸/۰۱	تمرین مقاومتی		
۰/۰۰۱	۹/۱۴	تمرین مقاومتی+رژیم غذایی		
۰/۰۰۱	۷/۹۸	کنترل	کلسترول پر چگال (HDL)	
۰/۰۰۱	۵/۶۵	رژیم غذایی		
۰/۰۰۱	۱۱/۱۵	تمرین مقاومتی		
۰/۰۰۱	۱۹/۴۰	تمرین مقاومتی+رژیم غذایی		





چربی، کاهش توده‌ی چربی، بهبود پروفایل لیپیدی و افزایش قدرت در آزمودنی‌ها مشاهده شد (۱۳). کوگور و همکاران (۲۰۱۹)، چهار ماه تمرین مقاومتی فزاینده را در زنان مبتلا به PCOS مورد آزمایش قرار دادند و در پایان کاهش توده‌ی چربی و کاهش نسبت دور کمر به باسن را نتیجه گرفتند (۱۵). میراندا و همکاران (۲۰۱۶)، تأثیر چهار ماه تمرین مقاومتی را در زنان مبتلا به PCOS مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که در گروه تمرین کاهش درصد چربی بدن و افزایش توده‌ی بدون چربی، بهبود مقاومت به انسولین و پروفایل لیپیدی تحقیق‌یافته است (۱۶). همسو با نتایج پژوهش حاضر می‌توان به پژوهش پال گره گوری و همکاران (۲۰۱۷) اشاره کرد. آن‌ها پژوهشی را باهدف مقایسه‌ی تأثیر ده هفته تمرین مقاومتی همراه با رژیم غذایی منظم یا رژیم کتوژنیک بر وزن بدن و ترکیب بدنی زنان دارای اضافه‌وزن انجام دادند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که پس از اتمام دوره‌ی تداخل در گروه رژیم کتوژنیک+ تمرین مقاومتی کاهش معناداری در وزن و توده‌ی چربی بدن مشاهده کردند. با این حال قسمتی از نتایج آن‌ها ناهمسو با نتایج پژوهش حاضر بود؛ طوری که عدم تفاوت معنادار در پروفایل لیپیدی در پایان دوره‌ی تمرین نسبت به قبل از آن مشاهده کردند. از جمله دلایل تناقض یافته‌های تحقیق حاضر با تحقیق پال جابک می‌توان به تفاوت در شدت پروتکل تمرینی و نوع حرکات تمرین مقاومتی اشاره کرد. همچنین آزمودنی‌های تحقیق حاضر علاوه بر اضافه‌وزن، سندرم PCOS نیز داشتند و این در حالی است که آزمودنی‌های تحقیق جابک زنان سالم دارای اضافه‌وزن بودند (۱۷). در پژوهش هانسن و همکاران (۲۰۲۲)، که باهدف تأثیر رژیم کم‌کالری با و بدون تمرین ورزشی بر ترکیب بدن، نمایه‌ی خطر قلبی و عملکرد باروری در زنان دارای اضافه‌وزن و چاق مبتلا به PCOS انجام شد، همانند یافته‌های تحقیق حاضر در گروه‌های تداخل کاهش معناداری در وزن بدن، توده‌ی چربی، تری‌گلیسیرید، LDL، کلسترول تام، انسولین ناشتا و قند خون ناشتا مشاهده شد. همچنین افزایش معناداری در توده‌ی بدون چربی را مشاهده کردند. در مطالعات قبلی، دیده شده است که رژیم غذایی منظم همراه با کاهش مصرف کربوهیدرات؛ باعث کاهش وزن و توده‌ی چربی بدن می‌شود (۱۸، ۱۹)؛ حال آن‌که وقتی تمرین مقاومتی منظم به رژیم غذایی با کربوهیدرات کم اضافه شود، منجر به کاهش بیشتری در توده‌ی چربی و وزن بدن می‌شود (۲۰). همانند تحقیق حاضر که وزن و توده‌ی چربی بدن در گروه رژیم غذایی+تمرین نسبت به دو گروه مداخله‌ای دیگر، کاهش بیشتری یافته بود. به نظر می‌رسد کاهش احساس گرسنگی با رژیم غذایی کم کربوهیدرات یک مزیت است، اثری که به افزایش سطح اجسام کتونی، کاهش سطوح نوروپپتید Y و سطوح لپتین و کاهش سطح انسولین نسبت داده می‌شود (۲۱). محدودیت کربوهیدرات باعث کاهش در دسترس بودن گلوکز و کاهش ترشح



نمودارهای A تا L-#؛ وجود تفاوت معنادار بین گروه‌های آزمایش ($p < 0.05$) -
 *؛ وجود تفاوت معنادار در زمان‌های پیش-پس‌آزمون در گروه کنترل ($p < 0.05$) -
 **؛ وجود تفاوت معنادار در زمان‌های پیش-پس‌آزمون در گروه رژیم غذایی
 ***؛ وجود تفاوت معنادار در زمان‌های پیش-پس‌آزمون در گروه
 ****؛ وجود تفاوت معنادار در زمان‌های پیش-پس‌آزمون در گروه
 *****؛ وجود تفاوت معنادار در زمان‌های پیش-
 پس‌آزمون در گروه تمرین مقاومتی+رژیم غذایی ($p < 0.05$)

بحث

تحقیق حاضر باهدف تبیین تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی و رژیم کتوژنیک بر مقاومت به انسولین و نیمرخ لیپیدی در زنان مبتلا به PCOS انجام شد. یافته‌ها نشان دادند در متغیرهای وزن، BMI، درصد چربی بدن، قند خون، انسولین، مقاومت به انسولین، تری‌گلیسیرید و LDL-C در گروه تمرین مقاومتی+رژیم غذایی کاهش معنادار بیشتری نسبت به سایر گروه‌های آزمایش اتفاق افتاد. در بررسی تفاوت‌های پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون در متغیرهای مذکور برای هر گروه این‌گونه مشاهده شد که پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون در گروه‌های تداخل، کاهش معنادار و در گروه کنترل به‌جز متغیرهای انسولین و قند خون ناشتا، افزایش معناداری داشتند. همچنین HDL-C در گروه تمرین مقاومتی+رژیم غذایی نسبت به سایر گروه‌ها افزایش معنادار بیشتری داشت. پس از بررسی پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون این متغیر در هر گروه، افزایش معناداری در گروه‌های تداخل و کاهش معناداری در گروه کنترل مشاهده شد.

همسو با یافته‌های پژوهش حاضر، ویزا و همکاران (۲۰۱۶)، طی مطالعه‌ای تأثیر سه ماه تمرین مقاومتی بر عوامل خونی و عملکردی زنان مبتلا به PCOS را مورد ارزیابی قرار دادند و افزایش توده‌ی بدون

رژیم غذایی استفاده از اسیدهای آمینه برای تولید گلوکز را افزایش می‌دهد. اگرچه هیچ ارتباط معنی‌داری بین مصرف پروتئین و تغییر توده‌ی بدون چربی در این مطالعه یافت نشد، ارتباط بین مصرف پروتئین کم و کاهش توده‌ی بدون چربی بدن هم در رژیم‌های کم کربوهیدرات و هم در رژیم‌های کم‌کالری یافت شد (۲۷). با توجه به مکانیسم ذکرشده؛ یافته‌های تحقیق حاضر با پژوهش فراگالا و همکاران (۲۰۱۹)، ناهمسو است. در این مطالعه‌ی مروری، یافته‌های ۲۹ مطالعه در مورد تغییرات توده‌ی بدون چربی بدن ناشی از تمرین مقاومتی در افراد بی-تحرک مورد بررسی قرار گرفت. میانگین افزایش وزن توده‌ی بدون چربی دو کیلوگرم در ۱۴ هفته یا ۰/۰۶ کیلوگرم وزن توده‌ی بدون چربی در هر جلسه تمرین بود. در مطالعاتی که فقط از شرکت‌کنندگان زن استفاده شد، معادل ۰/۰۴ کیلوگرم وزن توده‌ی بدون چربی در هر جلسه افزایش یافت (۲۸). حال آن‌که در گروه رژیم غذایی+تمرین مقاومتی تحقیق حاضر به‌طور میانگین ۰/۴ کیلوگرم کاهش وزن توده‌ی بدون چربی و به عبارتی در هر جلسه ۰/۱۵ کیلوگرم کاهش وزن توده‌ی بدون چربی تجربه کردند.

ورزش یک مکمل ارزشمند برای رژیم‌های کاهش وزن است. کلارک و همکاران (۲۰۱۵) و مکس و همکاران (۲۰۲۰)، اثر مضاعفی از ورزش را در القای کاهش وزن با رژیم غذایی کم کربوهیدرات و کربوهیدرات بالا نشان دادند. بهترین نتایج در کاهش وزن با استفاده از ترکیبی از ورزش و رژیم غذایی با پروتئین بالا و کم کربوهیدرات به دست آمد (۲۹، ۳۰). بنابراین یافته‌های تحقیق حاضر را تأیید کرد به‌طوری‌که نشان داد رژیم غذایی با پروتئین بالاتر و محتوای کربوهیدرات کاهش‌یافته همراه با ورزش باعث بهبود ترکیب بدن می‌شود. بر اساس این مطالعات به نظر می‌رسد که محدودیت کربوهیدرات در ترکیب با ورزش و به‌ویژه ورزش‌های مقاومتی، مزیتی نسبت به رژیم‌های کم‌چرب همراه با ورزش و رژیم‌های کم کربوهیدرات بدون ورزش در بهبود ترکیب بدن دارد (۳۱). اگرچه تفاوت‌های فردی زیادی در تغییرات ترکیب بدن در مطالعه‌ی حاضر وجود داشت، چندین نفر در یک دوره‌ی زمانی کوتاه تغییرات بسیار زیادی را در ترکیب بدن تجربه کردند. اگر بتوان جزئیات مربوط به تفاوت‌های فردی در پاسخ به ترکیبی از محدودیت کربوهیدرات و تمرین مقاومتی را به‌وضوح درک کرد، این استراتژی ممکن است اهمیت زیادی در مدیریت اضافه‌وزن و چاقی داشته باشد.

تغییر در ترکیب بدن ممکن است مطلوب‌تر از کاهش وزن باشد. تمرین مقاومتی برای بهبود ترکیب بدن مؤثر است و بنابراین برای درمان چاقی و اختلالات متابولیکی مرتبط با آن اهمیت دارد. افراد دارای اضافه‌وزن اغلب دارای وزن توده‌ی بدون چربی کل بیشتری نسبت به هم‌تایان

انسولین می‌شود و ممکن است غلظت هورمون‌های ضدتنظیمی مانند کاتکولامین‌ها و گلوکاگون را افزایش دهد، در نتیجه لیپولیز بافت چربی و تغییر متابولیسم از ذخیره‌سازی چربی به آزادسازی اسیدهای چرب و اکسیداسیون را افزایش می‌دهد. در تأیید این موضوع، ویدیک و همکاران (۲۰۲۱)، در یک کارآزمایی شش‌هفته‌ای رژیم غذایی با کربوهیدرات محدود، گزارش کردند که سطح انسولین سرم با کاهش چربی بدن رابطه‌ی معکوس دارد (۲۲). از نظر تنوری، با محدودیت کربوهیدرات، سنتز اسیدهای چرب جدید در کبد باید کاهش یابد، در نتیجه منجر به کاهش تشکیل کبدی TAG و لیپوپروتئین‌های با چگالی بسیار کم و در نتیجه کاهش جذب و استری شدن در بافت چربی می‌شود. همچنین، کاهش تشکیل گلیسرول-۳-فسفات ناشی از گلوکز در سلول چربی باید تولید و ذخیره TAG بافت چربی را کاهش دهد (۲۳). به نظر می‌رسد یافته‌های تحقیق حاضر از این استدلال حمایت می‌کند، زیرا در گروه رژیم غذایی و رژیم غذایی+تمرین، توده‌ی بافت چربی کاهش قابل توجهی داشت.

در گروه رژیم غذایی+تمرین، علیرغم هشت هفته تمرین مقاومتی، افزایش در میانگین توده‌ی بدون چربی نسبت به سه گروه دیگر مشاهده شد. مطالعات قبلی که تأثیر تمرین هوازی و/یا مقاومتی و رژیم کنژونیک را بر توده‌ی بدون چربی بررسی کرده بودند؛ گزارش کردند که مقداری از توده‌ی بدون چربی کاهش می‌یابد و در عین حال توده‌ی چربی نیز به‌طور معناداری کاهش می‌یابد. این تحقیقات ادعان کردند که دلیل از دست رفتن این مقدار توده‌ی بدون چربی، رژیم کم کربوهیدرات بوده است (۲۴، ۲۵). حال دلیل این‌که در این تحقیق حجم توده‌ی بدون چربی در هر سه گروه تداخل افزایش داشته است، می‌توان به تمرین مقاومتی و پروتکل به‌کاررفته شده اشاره کرد.

در تحقیق حاضر میزان سطح انسولین در پایان دوره‌ی تحقیق در گروه رژیم غذایی+تمرین از دو گروه تداخل دیگر بالاتر بود و یکی از دلایل این افزایش، تمرینات مقاومتی منظم است که باعث تحریک ترشح هورمون انسولین به‌عنوان یک عامل آنابولیک به درون خون می‌شود؛ حال آن‌که در گروه رژیم غذایی به دلیل محدودیت انرژی در طول هشت هفته؛ سطح ترشح انسولین کمتر بوده است. در نتیجه به‌طور قابل‌تصور، تمرین مقاومتی باید سطوح انسولین بالاتری را به همراه داشته باشد و در نتیجه فرآیندهای آنابولیک مانند تشکیل گلیکوژن، تری‌گلیسرول‌ها و پروتئین‌ها را تحریک کند و فرآیندهای کاتابولیک به‌عنوان مثال لیپولیز در بافت چربی را افزایش و فرآیند لیپوژنز را کاهش دهد (۲۶). از جمله دلایلی که می‌توان به کاهش غیر معنادار وزن توده‌ی بدون چربی بدن در گروه رژیم غذایی+تمرین در پس‌آزمون اشاره کرد؛ ممکن است استفاده از پروتئین عضلات اسکلتی برای سوخت باشد. کنوز ناشی از

لیپیدی و مقاومت به انسولین در زنان دارای اضافه‌وزن و چاق مبتلا به PCOS شد. اضافه کردن منظم تمرینات مقاومتی منجر به تغییرات مطلوب‌تری در ترکیب بدن نسبت به گروه رژیم غذایی شد. با این حال، این نتایج به زنان دارای اضافه‌وزن و چاق مبتلا به سندرم تخمدان پلی-کیستیک محدود است و تحقیقات بیشتری برای ارزیابی مزایای ورزش و رژیم کتوژنیک در زنان لاغر یا با وزن طبیعی ولی مبتلا به PCOS مورد نیاز است. همچنین برای ارزیابی اثرات طولانی‌مدت این نوع رژیم غذایی و تمرین در زنان مبتلا به PCOS، مطالعات بیشتری لازم است. از جمله محدودیت‌های پژوهش می‌توان به عدم کنترل استرس آزمودنی‌ها در جریان زندگی روزمره در طول دوره تداخل و عدم کنترل تفاوت‌های فردی در پاسخ به تمرین مقاومتی و رژیم کتوژنیک اشاره کرد. در این مطالعه صرفاً درصد چربی رژیم در نظر گرفته شد و از همه‌ی انواع اسیدهای چرب در طی برنامه‌ی غذایی استفاده شد. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده نوع مشخصی از چربی‌ها و اسیدهای چرب در رژیم کتوژنیک در نظر گرفته شود. همچنین پیشنهاد می‌شود که از هورمون‌های تیروئید، کاتکولامین‌ها، گلوکوکورون و کورتیکواستروئیدها که همگی به عنوان تنظیم‌کننده‌های متابولیک شناخته می‌شوند، ارزیابی به عمل آید.

تشکر و قدردانی

از تمامی 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.

لاغرتر هستند. کاهش وزن بدن باعث کاهش بار روی سیستم عضلانی می‌شود. با توجه به عملکرد عضلات اسکلتی و نقش متابولیک، کیفیت عضلات ممکن است مهم‌تر از اندازه در نظر گرفته شود (۳۱، ۳۲). میزان حضور در جلسات تمرینی بین دو گروه تفاوتی نداشت. علاوه بر این، مربیان هیچ تفاوت گروهی را در شدت تمرین یا توانایی انجام بارهای درخواستی مشاهده نکردند. بنابراین، در تحقیق حاضر کمتر احتمال می‌رود که تفاوت‌ها در نوع تداخل، تفاوت‌های بین گروهی را در تغییر توده‌ی بدون چربی توضیح دهد. کونگ ژائو و همکاران (۲۰۲۰)، همبستگی مثبتی بین رتبه‌بندی تلاش ادراک‌شده و کتون‌های خون یافتند (۳۳). در مقابل، جودین و همکاران (۲۰۲۰)، هیچ ارتباطی بین کتون‌های خون و رتبه‌بندی فعالیت ادراک‌شده در مطالعه هشت‌هفته‌ای خود مشاهده نکردند و هیچ تأثیر مخربی بر روی نشانگرهای حداکثر یا زیر حداکثری قدرت عضلانی، در مقایسه با رژیم غذایی با کربوهیدرات بالا و کالری مساوی مشاهده نکردند (۳۴). علیرغم بهبود ترکیب بدن آزمودنی‌ها در گروه رژیم غذایی+تمرین نسبت به گروه رژیم غذایی، در تحقیق حاضر بهبود پروفایل لیپیدی، قند خون ناشتا و مقاومت به انسولین در گروه ترکیبی نسبت به رژیم غذایی و کنترل مشاهده شد. در این راستا می‌توان این نکته را بیان کرد که رژیم کتوژنیک تنها، غلظت اسیدهای چرب آزاد پلاسما (FFA) را افزایش می‌دهد و سطوح بالای FFA ممکن است یک عامل خطر مهم قلبی-عروقی باشد، به‌خصوص اگر این نوع رژیم غذایی پایدار باشد و مدت‌زمان بیشتری از آن استفاده شود (۳۵). حال آن‌که وقتی فعالیت ورزشی از جمله تمرین مقاومتی در کنار رژیم غذایی کم کربوهیدرات استفاده شود، اسیدهای چرب آزاد خون که از طریق رژیم غذایی افزایش قابل‌ملاحظه‌ای یافته‌اند، توسط عضلات اسکلتی فعال در متابولیسم مصرف می‌شوند؛ در نتیجه غلظت آن‌ها را تعدیل می‌کنند و مانع از بروز بیماری‌های قلبی-عروقی می‌شوند (۳۵).

به‌طور کلی می‌توان گفت، یافته‌های تحقیق حاضر نشان دادند که کاهش وزن از طریق رژیم کتوژنیک و ورزش مقاومتی باعث بهبود پروفایل

Reference

- Rosenfield RL, Ehrmann DA. The pathogenesis of polycystic ovary syndrome (PCOS): the hypothesis of PCOS as functional ovarian hyperandrogenism revisited. *Endocrine reviews*. 2016;37(5):467-520.
- Ajmal N, Khan SZ, Shaikh R. Polycystic ovary syndrome (PCOS) and genetic predisposition: A review article. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and reproductive biology*: X. 2019;3:100060.
- Khan MJ, Ullah A, Basit S. Genetic basis of polycystic ovary syndrome (PCOS): current perspectives. *The application of clinical genetics*. 2019:249-60.
- Anagnostis P, Tarlatzis BC, Kauffman RP. Polycystic ovarian syndrome (PCOS): Long-term metabolic consequences. *Metabolism*. 2018;86:33-43.
- Patel S. Polycystic ovary syndrome (PCOS), an inflammatory, systemic, lifestyle endocrinopathy. *The Journal of steroid biochemistry and molecular biology*. 2018;182:27-36.
- Lim SS, Hutchison SK, Van Ryswyk E, Norman RJ, Teede HJ, Moran LJ. Lifestyle changes in women with polycystic ovary syndrome. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2019(3).
- Brennan L, Teede H, Skouteris H, Linardon J, Hill B, Moran L. Lifestyle and behavioral management of polycystic ovary syndrome. *Journal of women's health*. 2017;26(8):836-48.
- Woodward A, Klonizakis M, Broom D. Exercise and polycystic ovary syndrome. *Physical Exercise for Human Health*. 2020:123-36.
- Kite C, Lahart IM, Afzal I, Broom DR, Randeve H, Kyrou I, et al. Exercise, or exercise and diet for the management of polycystic ovary syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Systematic reviews*. 2019;8:1-28.
- Patten RK, Boyle RA, Moholdt T, Kiel I, Hopkins WG, Harrison CL, et al. Exercise interventions in polycystic ovary syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in physiology*. 2020:606.
- Lara LAS, Ramos FKP, Kogure GS, Costa RS, Silva de Sá MF, Ferriani RA, et al. Impact of physical resistance training on the sexual function of women with polycystic ovary syndrome. *The Journal of sexual medicine*. 2015;12(7):1584-90.
- Pericleous P, Stephanides S. Can resistance training improve the symptoms of polycystic ovary syndrome? *BMJ open sport & exercise medicine*. 2018;4(1):e000372.
- Vizza L, Smith CA, Swaraj S, Agho K, Cheema BS. The feasibility of progressive resistance training in women with polycystic ovary syndrome: a pilot randomized controlled trial. *BMC sports science, medicine, and rehabilitation*. 2016;8(1):1-12.
- Campa F, Maietta Latessa P, Greco G, Mauro M, Mazzuca P, Spiga F, et al. Effects of different resistance training frequencies on body composition, cardiometabolic risk factors, and handgrip strength in overweight and obese women: A randomized controlled trial. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*. 2020;5(3):51.
- Kogure GS, Miranda-Furtado CL, Pedrosa DC, Ribeiro VB, Eiras MC, Silva RC, et al. Effects of progressive resistance training on obesity indices in polycystic ovary syndrome and the relationship with telomere length. *Journal of Physical Activity and Health*. 2019;16(8):601-7.
- Miranda-Furtado CL, Ramos FKP, Kogure GS, Santana-Lemos BA, Ferriani RA, Calado RT, et al. A nonrandomized trial of progressive resistance training intervention in women with polycystic ovary syndrome and its implications in telomere content. *Reproductive Sciences*. 2016;23(5):644-54.
- Gregory RM, Hamdan H, Torisky D, Akers J. A low-carbohydrate ketogenic diet combined with 6-weeks of CrossFit training improves body composition and performance. *Int J Sports Exerc Med*. 2017;3(2):1-10.
- Hansen CD, Gram-Kampmann E-M, Hansen JK, Hugger MB, Madsen BS, Jensen JM, et al. Effect of Calorie-Unrestricted Low-Carbohydrate, High-Fat Diet Versus High-Carbohydrate, Low-Fat Diet on Type 2 Diabetes and Nonalcoholic Fatty Liver Disease: A Randomized Controlled Trial. *Annals of Internal Medicine*. 2022.
- Silverii GA, Cosentino C, Santagiuliana F, Rotella F, Benvenuti F, Mannucci E, et al. Effectiveness of Low Carbohydrate diets for long-term weight loss in obese individuals: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Diabetes, Obesity, and Metabolism*. 2022.
- Joshi S, Ostfeld RJ, McMacken M. The ketogenic diet for obesity and diabetes—enthusiasm outpaces evidence. *JAMA Internal Medicine*. 2019;179(9):1163-4.
- Li S, Ding L, Xiao X. Comparing the efficacy and safety of low-carbohydrate diets with low-fat diets for type 2 diabetes mellitus patients: a systematic

review and meta-analysis of randomized clinical trials. *International journal of endocrinology*. 2021;2021.

22. Vidić V, Ilić V, Toskić L, Janković N, Ugarković D. Effects of calorie-restricted low carbohydrate high fat ketogenic vs. non-ketogenic diet on strength, body composition, hormonal and lipid profile in trained middle-aged men. *Clinical Nutrition*. 2021;40(4):1495-502.

23. Urbain P, Strom L, Morawski L, Wehrle A, Deibert P, Bertz H. Impact of a 6-week non-energy-restricted ketogenic diet on physical fitness, body composition and biochemical parameters in healthy adults. *Nutrition & metabolism*. 2017;14(1):1-11.

24. Valsdottir TD, Øvrebø B, Falck TM, Litlekare S, Johansen EI, Henriksen C, et al. Low-carbohydrate high-fat diet and exercise: Effect of a 10-week intervention on body composition and CVD risk factors in overweight and obese women—A randomized controlled trial. *Nutrients*. 2020;13(1):110.

25. Gram-Kampmann EM, Hansen CD, Hugger MB, Jensen JM, Brønd JC, Hermann AP, et al. Effects of a 6-month, low-carbohydrate diet on glycaemic control, body composition, and cardiovascular risk factors in patients with type 2 diabetes: An open-label randomized controlled trial. *Diabetes, Obesity, and Metabolism*. 2022;24(4):693-703.

26. Tobias DK, Chen M, Manson JE, Ludwig DS, Willett W, Hu FB. Effect of low-fat diet interventions versus other diet interventions on long-term weight change in adults: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*. 2015;3(12):968-79.

27. Gardner CD, Trepanowski JF, Del Gobbo LC, Hauser ME, Rigdon J, Ioannidis JP, et al. Effect of low-fat vs low-carbohydrate diet on 12-month weight loss in overweight adults and the association with genotype pattern or insulin secretion: the DIETFITS randomized clinical trial. *Jama*. 2018;319(7):667-79.

28. Fragala MS, Cadore EL, Dorgo S, Izquierdo M, Kraemer WJ, Peterson MD, et al. Resistance training for older adults: a position statement from the National Strength and conditioning association. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2019;33(8).

29. Clark JE. Diet, exercise or diet with exercise: comparing the effectiveness of treatment options for weight loss and changes in fitness for adults (18–65 years old) who are overfat, or obese; systematic review and meta-analysis. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*. 2015;14(1):1-28.

30. Magkos F. The role of dietary protein in obesity. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*. 2020;21(3):329-40.

31. Vargas S, Romance R, Petro JL, Bonilla DA, Galancho I, Espinar S, et al. Efficacy of ketogenic diet on body composition during resistance training in trained men: a randomized controlled trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2018;15(1):31.

32. Valenzuela PL, Castillo-García A, Lucia A, Naclerio F. Effects of Combining a Ketogenic Diet with Resistance Training on Body Composition, Strength, and Mechanical Power in Trained Individuals: A Narrative Review. *Nutrients*. 2021;13(9):3083.

33. Kong Z, Hu M, Liu Y, Shi Q, Zou L, Sun S, et al. Affective and enjoyment responses to short-term high-intensity interval training with low-carbohydrate diet in overweight young women. *Nutrients*. 2020;12(2):442.

34. Sjödin A, Hellström F, Sehlstedt E, Svensson M, Burén J. Effects of a ketogenic diet on muscle fatigue in healthy, young, normal-weight women: a randomized controlled feeding trial. *Nutrients*. 2020;12(4):955.

35. Lee JE, Titcomb TJ, Bisht B, Rubenstein LM, Louison R, Wahls TL. A modified MCT-based ketogenic diet increases plasma β -hydroxybutyrate but has less effect on fatigue and quality of life in people with multiple sclerosis compared to a modified paleolithic diet: a waitlist-controlled, randomized pilot study. *Journal of the American College of Nutrition*. 2021;40(1):13-25.

36. Iolanda, Barbarisi Maria, Corbianco Anna Maria, and Andreea Popa. "PCOS AND INSULIN RESISTANCE: THE ROLE OF KETOGENIC DIET." (2020).