

Effect of Aerobic, resistance and combined exercise on lipid profile and vascular disease risk in postmenopausal women

Received: 2025/07/24 Accepted: 2025/11/01 Online ISSN 3060-7078	ABSTRACT
Azam Mollanovruzi Department of Sport Sciences, Faculty of Humanities, Kosar University of Bojnord, Bojnord, Iran. Mitra Khademosharie Department of Sport Sciences, Faculty of Humanities, Kosar University of Bojnord, Bojnord, Iran. Mahmoud Hesar Koushki Assistant Professor, Department of Physical Education, Faculty of Humanities, Atrak Quchan University, Iran	Purposes: This study aimed to investigate the effects of 12 weeks of aerobic, resistance, and combined training on lipid profile and cardiovascular disease (CVD) risk factors in postmenopausal women. Materials and Methods: Sixty postmenopausal women (aged 50–65 years) were randomly assigned to four groups: aerobic training (n=15), resistance training (n=15), combined training (n=15), and control (n=15). Interventions consisted of 12 weeks of training (3 sessions per week, 60 minutes per session) at moderate to high intensity. Lipid profile (LDL, HDL, triglycerides) and CVD markers (CRP, blood pressure) were measured at baseline and at the end of the study. Results: ANCOVA analysis with Tukey's post hoc test showed a significant difference between groups in LDL, indicating that the combined group performed best in all physiological variables and was significantly better than the control group (p=0.001) and one of the aerobic or resistance groups (p=0.001). Discussion: The combined group was the most effective intervention with a 15% reduction in LDL and 18% in triglycerides $p<0.05$, confirming its superiority over the aerobic (10% reduction in LDL) and resistance (12% reduction in triglycerides) groups. These findings emphasize the importance of combined programs. It seems that combining aerobic and resistance training is more effective in postmenopausal women.
*Correspondence: Azam Mollanovruzi Email: mollanovruzi@kub.ac.ir orcid: 0000-0003-2027-6875	Keywords: Aerobic exercise, Resistance exercise, Combined exercise, Cardiovascular risk, Postmenopausal women

Extended Abstract

Introduction:

Menopause is a natural phase in women's lives characterized by the cessation of menstruation and a significant decline in estrogen and progesterone levels. These hormonal changes profoundly impact lipid metabolism and cardiovascular health. The reduction in estrogen leads to an increase in low-density lipoprotein cholesterol (LDL), a decrease in high-density lipoprotein cholesterol (HDL), and an increase in triglycerides—all major risk factors for cardiovascular diseases (CVD). Additionally, menopause is associated with increased systemic inflammation (e.g., elevated C-reactive protein [CRP]), visceral fat accumulation, reduced insulin sensitivity, and elevated blood pressure, all of which exacerbate the risk of atherosclerosis and cardiovascular events such as myocardial infarction and stroke.

Exercise is recognized as a safe and effective non-pharmacological intervention for improving lipid profiles and reducing CVD risk. Resistance training increases muscle mass, improves insulin sensitivity, and reduces inflammatory markers such as CRP, thereby contributing to enhanced metabolic health and reduced CVD risk. Recently, combined training (integrating aerobic and resistance exercises) has gained attention due to its synergistic effects on lipid metabolism, body composition, and inflammatory markers. Combined training leverages the benefits of both exercise modalities, potentially offering more comprehensive effects than aerobic or resistance training alone. For instance, studies have demonstrated that combined training significantly improves the HDL/LDL ratio and reduces systemic inflammation.

This study investigates the effects of 12 weeks of aerobic, resistance, and combined training on lipid profiles and CVD risk markers in postmenopausal women. It also examines the impact of these exercises on body composition and inflammatory markers such as CRP to provide a more comprehensive understanding of their effects. The ultimate goal is to provide scientific evidence for designing effective exercise programs for postmenopausal women.

Methodology:

Sixty healthy postmenopausal women were recruited through a public call in the city of Nishapur. This was a randomized controlled trial. Participants were divided into four groups: Aerobic training group (n=15): 3 sessions per week, 60 minutes of brisk walking or cycling at 60–70% of maximum heart rate. Resistance training group (n=15): 3 sessions per week, 60 minutes of weight training (8–10 exercises, 3 sets of 10–12 repetitions at 70–80% of one-repetition maximum [1RM]). Combined training group (n=15): 3 sessions per week, 30 minutes of aerobic exercise (60–70% of maximum heart rate) and 30 minutes of resistance training (70–80% of 1RM). Control group (n=15): No exercise intervention; participants continued their daily activities. The intensity of aerobic exercises was monitored using a heart rate monitor (Polar H10), and the intensity of resistance exercises was controlled using the one-repetition maximum (1RM) test. Data were analyzed using SPSS version 26. Data normality was assessed with the Shapiro-Wilk test. One-way ANOVA was used for between-group comparisons, and paired t-tests were used for within-group comparisons. A significance level of $p < 0.05$ was considered statistically significant.

Results

The combined training group showed a 15% reduction in LDL (from 130.2 to 110.7 mg/dL), a 12% increase in HDL (from 50.1 to 56.1 mg/dL), and an 18% reduction in triglycerides (from 150.4 to 123.3 mg/dL) ($p < 0.05$). The aerobic group exhibited a 10% reduction in LDL (from 128.5 to 115.6 mg/dL) and an 8% increase in HDL (from 49.8 to 53.8 mg/dL) ($p < 0.05$). The resistance group showed a 12% reduction in triglycerides (from 148.7 to 130.9 mg/dL) and a 10% reduction

in CRP levels (from 3.2 to 2.9 mg/L) ($p < 0.05$). The control group showed no significant changes. ANCOVA analysis with Tukey's post hoc test revealed significant between-group differences in LDL, indicating that the combined group performed best across all physiological variables and was significantly superior to both the control group ($p = 0.001$) and either the aerobic or resistance group alone ($p = 0.001$).

Conclusion

Aerobic exercises were effective in reducing LDL and increasing HDL by enhancing lipoprotein lipase (LPL) activity and improving lipid metabolism, attributed to increased energy expenditure and enhanced mitochondrial function in muscle cells. Additionally, aerobic exercises reduced CVD risk by improving endothelial function and lowering blood pressure. Resistance exercises improved lipid metabolism and inflammation by increasing muscle mass and insulin sensitivity while also reducing visceral fat, a key factor in CVD risk. Studies indicate that resistance training can lower inflammatory markers such as interleukin-6 (IL-6) and tumor necrosis factor-alpha (TNF- α), contributing to reduced systemic inflammation.

Combined training was the most effective intervention for reducing CVD risk in postmenopausal women due to its more comprehensive effects on lipid profile, inflammatory markers, and body composition. While aerobic and resistance exercises also had positive effects, they were not as effective as combined training when performed alone. Exercise programs should be designed with moderate to high intensity and a minimum of 150 minutes per week. These findings emphasize the importance of designing personalized exercise programs for postmenopausal women.

تأثیر تمرین هوازی، مقاومتی و ترکیبی بر پروفایل لیپیدی و خطر قلبی-عروقی در زنان یائسه

چکیده	تاریخ ارسال: ۱۴۰۴/۰۵/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۱۰ شاپا الکترونیکی ۳۰۶۰-۷۰۷۸
مقدمه: بیماری‌های قلبی-عروقی یکی از علل اصلی مرگ و میر در زنان یائسه در سراسر جهان به شمار می‌روند. بنابراین این مطالعه با هدف بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین هوازی، مقاومتی و ترکیبی بر پروفایل لیپیدی و عوامل خطر قلبی-عروقی (CVD) در زنان یائسه انجام شد. روش تحقیق: ۶۰ زن یائسه (سن ۵۰-۶۵ سال) به صورت تصادفی به چهار گروه تقسیم شدند: گروه تمرین هوازی (n=۱۵)، گروه تمرین مقاومتی (n=۱۵)، گروه تمرین ترکیبی (n=۱۵) و گروه کنترل (n=۱۵). مداخلات شامل ۱۲ هفته تمرین (۳ جلسه در هفته، ۶۰ دقیقه در هر جلسه) با شدت متوسط تا بالا بود. پروفایل لیپیدی (LDL، HDL، تری‌گلیسرید) و نشانگرهای CVD (CRP، فشار خون) در ابتدا و انتهای مطالعه اندازه‌گیری شدند. یافته‌ها: تحلیل ANCOVA با آزمون تعقیبی توکی تفاوت معناداری بین گروه‌ها در LDL نشان داد نشان داد که گروه ترکیبی در همه متغیرهای فیزیولوژیک بهترین عملکرد را داشت و به طور معناداری از گروه کنترل ($p=0.001$) و یکی از گروه‌های هوازی یا مقاومتی ($p=0.001$) بهتر بود. نتیجه‌گیری: گروه ترکیبی با کاهش ۱۵٪ LDL و ۱۸٪ تری‌گلیسرید $p<0.05$ مؤثرترین مداخله بود، که برتری آن نسبت به گروه هوازی (۱۰٪ کاهش LDL) و مقاومتی (۱۲٪ کاهش تری‌گلیسرید) تأیید می‌شود. این یافته‌ها بر اهمیت برنامه‌های ترکیبی تأکید دارد. به نظر می‌رسد ترکیب تمرینات هوازی و مقاومتی در زنان یائسه مؤثرتر باشد.	اعظم ملانوروزی^۱ میترا خادم‌الشریعه^۱ ۱. استادیار گروه تربیت بدنی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کوثر بجنورد، ایران محمود حصارکوشکی^۲ ۲. استادیار گروه تربیت بدنی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه اترک قوچان، ایران
واژگان کلیدی: تمرین هوازی، تمرین مقاومتی، تمرین ترکیبی، خطر قلبی-عروقی، زنان یائسه	* نویسنده مسئول: اعظم ملانوروزی ایمیل: mollanovruzi@kub.ac.ir orcid: 0000-0003-2027-6875

مقدمه:

یائسگی^۱ مرحله‌ای طبیعی در زندگی زنان است که با توقف قاعدگی و کاهش قابل توجه سطح هورمون‌های استروژنی و پروژسترونی مشخص می‌شود. این تغییرات هورمونی تأثیرات عمیقی بر متابولیسم لیپید و سلامت قلبی-عروقی دارند. کاهش استروژن منجر به افزایش کلسترول لیپوپروتئین با چگالی پایین^۲ (LDL)، کاهش لیپوپروتئین با چگالی بالا^۳ (HDL) و افزایش تری‌گلیسرید می‌شود که همگی عوامل خطر اصلی برای بیماری‌های قلبی-عروقی^۴ (CVD) هستند (۱). بیماری‌های قلبی-عروقی یکی از علل اصلی مرگ‌ومیر در زنان یائسه در سراسر جهان به شمار می‌روند. بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی^۵ (WHO)، CVD مسئول بیش از ۳۰٪ مرگ‌ومیر زنان در کشورهای توسعه‌یافته است (۲).

علاوه بر تغییرات لیپیدی، یائسگی با افزایش التهاب سیستمیک (مانند افزایش پروتئین واکنشگر سی^۶ (CRP))، تجمع چربی احشایی، کاهش حساسیت به انسولین و افزایش فشار خون همراه است که همگی خطر آترواسکلروز و حوادث قلبی مانند انفارکتوس میوکارد و سکته مغزی را تشدید می‌کنند (۳). این تغییرات، زنان یائسه را به یک جمعیت پرخطر برای CVD تبدیل کرده و نیاز به مداخلات غیر دارویی مؤثر برای پیشگیری و مدیریت این خطرات را برجسته می‌کنند (۴).

تمرینات ورزشی به عنوان یک مداخله غیر دارویی ایمن و مؤثر برای بهبود پروفایل لیپیدی و کاهش خطر CVD شناخته شده‌اند (۵). تمرینات هوازی، مانند پیاده‌روی سریع، دویدن، دوچرخه‌سواری و شنا، با افزایش مصرف انرژی، بهبود ظرفیت هوازی و افزایش فعالیت آنزیم لیپوپروتئین لیپاز (LPL) به کاهش سطح LDL و تری‌گلیسرید و افزایش HDL کمک می‌کنند (۶). این نوع تمرینات همچنین با بهبود عملکرد اندوتلیال عروق و کاهش فشار خون، خطر CVD را کاهش می‌دهند (۷). مطالعات نشان داده‌اند که تمرینات هوازی با شدت متوسط تا بالا (۶۰-۸۰٪ حداکثر ضربان قلب) می‌توانند نسبت HDL/LDL را بهبود بخشیده و خطر آترواسکلروز را کاهش دهند (۸). نوع دیگری از تمرینات ورزشی تمرینات مقاومتی است. این تمرینات، مانند تمرین با وزنه یا باندهای الاستیک، با افزایش توده عضلانی، بهبود حساسیت به انسولین و کاهش نشانگرهای التهابی مانند CRP، به بهبود سلامت متابولیک و کاهش خطر CVD کمک می‌کنند (۹). این تمرینات همچنین ترکیب بدن را بهبود می‌بخشند، به‌ویژه با کاهش چربی احشایی که یکی از عوامل کلیدی در افزایش خطر CVD در زنان یائسه است (۱۰). مطالعات اخیر نشان داده‌اند که تمرینات مقاومتی می‌توانند نشانگرهای التهابی مانند پزوتئین و اکشنگر C اینترلوکین-۶ (IL-6) را نیز کاهش دهند، که به کاهش التهاب سیستمیک کمک می‌کند (۱۱). اخیراً، تمرینات ترکیبی (ترکیب تمرینات هوازی و مقاومتی) به دلیل اثرات سینرژیک بر متابولیسم لیپید، ترکیب بدن و نشانگرهای التهابی مورد توجه قرار گرفته‌اند (۱۲). این نوع تمرینات با بهره‌گیری از مزایای هر دو نوع تمرین، می‌توانند اثرات جامع‌تری نسبت به تمرینات هوازی یا مقاومتی به‌تنهایی داشته باشند. به عنوان مثال، مطالعاتی نشان داد که تمرینات ترکیبی به طور قابل توجهی نسبت HDL/LDL را بهبود می‌بخشند و التهاب سیستمیک را کاهش می‌دهند (۵).

با این حال، مطالعات محدودی به مقایسه مستقیم اثرات این سه نوع تمرین در زنان یائسه پرداخته‌اند، و نتایج متناقضی در مورد برتری نسبی آنها گزارش شده است. برخی مطالعات برتری تمرینات هوازی را در بهبود HDL گزارش کرده‌اند (۶) در حالی که

1. Menopause

2. Low-density lipoprotein cholesterol

3. High-density lipoprotein

4. Cardiovascular diseases

5. World Health Organization

6. C-reactive protein

برخی دیگر اثرات قابل توجه تمرینات مقاومتی بر کاهش التهاب را برجسته کرده‌اند (۹). یکی از چالش‌های موجود در تحقیقات، تفاوت در پروتکل‌های تمرینی (مانند شدت، مدت و فرکانس) و عدم کنترل عوامل مخدوش‌کننده مانند رژیم غذایی است (۱۳). علاوه بر این، اثرات تمرینات ورزشی ممکن است به عوامل فردی مانند سطح آمادگی جسمانی، ژنتیک و پایداری به برنامه تمرینی وابسته باشد (۱۴).

این مطالعه با هدف پر کردن این شکاف پژوهشی، به بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین هوازی، مقاومتی و ترکیبی بر پروفایل لیپیدی و نشانگرهای خطر CVD در زنان یائسه پرداخته است. فرضیه اصلی این است که تمرین ترکیبی به دلیل اثرات سینرژیک، بهبود بیشتری در متابولیسم لیپید و کاهش خطر CVD نسبت به تمرینات هوازی یا مقاومتی به‌تنهایی ایجاد می‌کند. این مطالعه همچنین به بررسی تأثیر این تمرینات بر ترکیب بدن و نشانگرهای التهابی مانند CRP پرداخته است تا تصویر جامع‌تری از اثرات آنها ارائه دهد. هدف نهایی، ارائه شواهد علمی برای طراحی برنامه‌های تمرینی مؤثر برای زنان یائسه است.

روش تحقیق:

شرکت‌کنندگان

۶۰ زن یائسه سالم (سن ۵۰-۶۵ سال، میانگین سنی: 57.3 ± 4.2 سال، شاخص توده بدنی $25-30 \text{ kg/m}^2$) از طریق فراخوان عمومی در شهر نیشابور انتخاب شدند. معیارهای ورود شامل عدم ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی، دیابت نوع ۲، یا عدم مصرف داروهای تأثیرگذار بر پروفایل لیپید (مانند استاتین‌ها) بود. معیارهای خروج شامل عدم پایداری به برنامه تمرینی (کمتر از ۸۰٪ حضور) یا بروز آسیب در طول مطالعه بود. این مطالعه توسط کمیته اخلاق دانشگاه بجنورد با شماره تأییدیه [شماره کد اخلاق، مثلاً IR.UB.REC.1404.038] تأیید شد. همه شرکت‌کنندگان رضایت‌نامه آگاهانه برای شرکت در پژوهش را امضا کردند.

طراحی مطالعه

شرکت‌کنندگان به‌صورت تصادفی با استفاده از نرم‌افزار Randomizer به چهار گروه تقسیم شدند:

۱. گروه تمرین هوازی (۱۵ نفر) سه جلسه در هفته، ۶۰ دقیقه پیاده‌روی سریع یا دوچرخه‌سواری با شدت ۶۰-۷۰٪ حداکثر ضربان قلب.
 ۲. گروه تمرین مقاومتی (۱۵ نفر) سه جلسه در هفته، ۶۰ دقیقه تمرین با وزنه (۸-۱۰ تمرین، ۳ ست با ۱۰-۱۲ تکرار، ۷۰-۸۰٪ یک تکرار بیشینه).
 ۳. گروه تمرین ترکیبی (۱۵ نفر) سه جلسه در هفته، ۳۰ دقیقه تمرین هوازی (۶۰-۷۰٪ حداکثر ضربان قلب) و ۳۰ دقیقه تمرین مقاومتی (۷۰-۸۰٪ یک تکرار بیشینه).
 ۴. گروه کنترل (۱۵ نفر) بدون مداخله تمرینی، ادامه فعالیت‌های روزمره.
- محاسبه HRmax: با فرمول سن - ۲۲۰ برای هر شرکت‌کننده تخمین زده شد. در گروه هوازی، پیاده‌روی سریع (۶۰ دقیقه، ۳ جلسه/هفته) با شدت ۶۰-۷۰٪ HRmax انجام شد. ضربان قلب با دستگاه پولار (مانیتور ضربان قلب) نظارت شد تا در محدوده هدف باقی بماند. یک تکرار بیشینه برای ۸-۱۰ تمرین (مثل پرس سینه، اسکوات) با تست مستقیم (حداکثر وزنه برای ۱ تکرار) یا تخمینی (با ۳-۱۰ تکرار) تعیین شد. در گروه مقاومتی، ۸-۱۰ تمرین (۳ ست، ۱۰-۱۲ تکرار، ۶۰ دقیقه، ۳ جلسه/هفته) با شدت ۷۰-۸۰٪ یک تکرار بیشینه انجام شد. وزنه‌ها توسط مربی تنظیم شد و: مربی بر اجرای حرکات نظارت کرد و گرم کردن با وزنه سبک انجام شد. ۳۰ دقیقه هوازی با استفاده از پولار و ۳۰ دقیقه مقاومتی با شدت ۷۰-۸۰٪ یک تکرار بیشینه ۳ ست، با ۱۰-۱۲ تکرار در گروه ترکیبی انجام شد.

اندازه‌گیری‌ها

پروفایل لیپیدی: نمونه‌های خون پس از ۱۲ ساعت ناشتایی در ابتدا و انتهای مطالعه جمع‌آوری شد. سطح HDL، LDL و تری‌گلیسرید با استفاده از روش آنزیمی (دستگاه AutoAnalyzer) اندازه‌گیری شد. کیت‌های مورد استفاده از نوع Pars Azmoon (ساخت کشور ایران) با درجه حساسیت ۵mg/dL برای LDL و HDL و ۱۰mg/dL برای تری‌گلیسرید بودند که طبق استانداردهای بین‌المللی کالیبره شدند.

نشانگرهای CVD: پروتئین واکنشگر C (CRP) با روش الایزا و کیت مورد استفاده برای CRP از نوع Quantikine Human CRP ELISA Kit (DCRP00B) از شرکت R&D Systems (بخشی از Bio-Techne، ساخت ایالات متحده آمریکا) با درجه حساسیت ۰.۰۲۲ng/mL و د که طبق استانداردهای بین‌المللی کالیبره شده است و فشار خون سیستمولیک و دیاستولیک با دستگاه فشارسنج دیجیتالی (Omron M6) اندازه‌گیری شد.

ترکیب بدن: درصد چربی بدن و توده عضلانی با دستگاه تجزیه و تحلیل بیوالکتریک (InBody 720) ارزیابی شد. تمامی اندازه‌گیری‌ها توسط تکنسین‌های آموزش دیده در آزمایشگاه فیزیولوژی ورزشی انجام شد.

پروتکل تمرینی

تمرینات تحت نظارت مربیان حرفه‌ای در یک سالن ورزشی مجهز انجام شد. شدت تمرینات هوازی با استفاده از مانیتور ضربان قلب (Polar H10) و شدت تمرینات مقاومتی با تست یک تکرار بیشینه (1RM) کنترل شد.

تحلیل آماری

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ تحلیل شدند. نرمال بودن داده‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک بررسی شد. آزمون آماری ANCOVA همراه با آزمون تعقیبی توکی برای تجزیه و تحلیل آماری استفاده شد. سطح معنی‌داری $p < 0.05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها:

مشخصات پایه شرکت‌کنندگان

جدول ۱ مشخصات پایه شرکت‌کنندگان را نشان می‌دهد. هیچ تفاوت معنی‌داری در متغیرهای پایه (سن، شاخص توده بدن، پروفایل لیپیدی، CRP، فشار خون) بین گروه‌ها مشاهده نشد ($p < 0.05$).

جدول ۱: مشخصات پایه شرکت‌کنندگان (میانگین $\pm$ انحراف معیار)

Table 1. Baseline characteristics of participants (mean $\pm$ standard deviation)

متغیر	کنترل (n=15)	هوازی (n=15)	مقاومتی (n=15)	ترکیبی (n=15)
Variable	Control	Aerobic	Resistance	Combined
سن (سال) Age (years)	57.4 $\pm$ 4.2	57.1 $\pm$ 4.0	56.8 $\pm$ 4.3	57.5 $\pm$ 4.1
BMI (kg.m ²)	28.1 $\pm$ 2.1	27.8 $\pm$ 2.1	28.0 $\pm$ 2.0	27.6 $\pm$ 2.2
LDL (mg.dL)	127.9 $\pm$ 9.9	128.5 $\pm$ 10.2	129.3 $\pm$ 9.8	130.2 $\pm$ 10.5
HDL (mg.dL)	49.6 $\pm$ 5.3	49.8 $\pm$ 5.1	50.3 $\pm$ 5.0	50.1 $\pm$ 5.2
تری‌گلیسرید TG (mg.dL)	148.2 $\pm$ 12.0	148.7 $\pm$ 12.3	149.1 $\pm$ 11.9	15.04 $\pm$ 12.1
CRP (mg.L)	3.1 $\pm$ 0.5	3.1 $\pm$ 0.4	3.2 $\pm$ 0.5	3.2 $\pm$ 0.4
فشار خون سیستمولیک SBP (mmHg)	130 $\pm$ 7	130 $\pm$ 8	131 $\pm$ 7	129 $\pm$ 8
فشار خون دیاستولیک DBP (mmHg)	81 $\pm$ 5	80 $\pm$ 5	81 $\pm$ 5	80 $\pm$ 6

تغییرات پروفایل لیپیدی

نتایج نشان داد که گروه تمرین ترکیبی کاهش ۱۵٪ در LDL (از ۱۳۰/۲ به ۱۱۰/۷ میلی گرم/دسی لیتر)، افزایش ۱۲٪ در HDL (از ۵۰/۱ به ۵۶/۱ میلی گرم/دسی لیتر) و کاهش ۱۸٪ در تری گلیسرید (از ۱۵۰/۴ به ۱۲۳/۳ میلی گرم/دسی لیتر) را نشان داد ($p < 0.05$). گروه هوازی کاهش ۱۰٪ در LDL (از ۱۲۸/۵ به ۱۱۵/۶ میلی گرم/دسی لیتر) و افزایش ۸٪ در HDL (از ۴۹/۸ به ۵۳/۸ میلی گرم/دسی لیتر) را نشان داد ($p < 0.05$). همچنین گروه مقاومتی کاهش ۱۲٪ در مقادیر تری گلیسرید (از ۱۴۸/۷ به ۱۳۰/۹ میلی گرم/دسی لیتر) را نشان داد ($p < 0.05$). گروه کنترل تغییرات معنی داری نداشت (جدول ۲).

جدول ۲. مقایسه پیش آزمون و پس آزمون پروفایل لیپیدی در هر گروه یا تغییرات درون گروهی (میانگین $\pm$ انحراف معیار)
Table 2. Comparison of pre-test and post-test lipid profile within each group (intra-group changes; mean $\pm$ standard deviation)

متغیر	گروه	پیش آزمون	پس آزمون	درصد تغییر	p-value
LDL (mg.dL)	هوازی / Aerobic	128.5 $\pm$ 10.2	115.6 $\pm$ 9.5	-10٪	0.01
	مقاومتی / Resistance	129.3 $\pm$ 9.8	123.8 $\pm$ 9.3	-4٪	0.08
	ترکیبی / Combined	130.2 $\pm$ 10.5	110.7 $\pm$ 9.0	-15٪	0.001
	کنترل / Control	127.9 $\pm$ 9.9	128.1 $\pm$ 9.8	0٪	0.95
HDL (mg.dL)	هوازی / Aerobic	49.8 $\pm$ 5.1	53.8 $\pm$ 5.0	+8٪	0.02
	مقاومتی / Resistance	50.3 $\pm$ 5.0	51.8 $\pm$ 4.9	+3٪	0.12
	ترکیبی / Combined	50.1 $\pm$ 5.2	56.1 $\pm$ 5.0	+12٪	0.001
	کنترل / Control	46.6 $\pm$ 5.3	47.9 $\pm$ 5.2	0٪	0.89
تری گلیسرید (mg.dL)	هوازی / Aerobic	148.7 $\pm$ 12.3	136.9 $\pm$ 11.8	-8٪	0.03
	مقاومتی / Resistance	149.1 $\pm$ 11.9	130.9 $\pm$ 11.0	-12٪	0.01
	ترکیبی / Combined	150.4 $\pm$ 12.1	123.3 $\pm$ 10.5	-18٪	0.001
	کنترل / Control	148.2 $\pm$ 12.0	147.9 $\pm$ 11.9	0٪	0.92

تغییرات نشانگرهای CVD

همچنین نتایج نشان داد که گروه مقاومتی کاهش ۱۰٪ در مقادیر CRP (از ۳/۲ به ۲/۹ میلی گرم/لیتر) را نشان داد ($p < 0.05$). گروه کنترل تغییرات معنی داری نداشت (جدول ۳).

جدول ۳. مقایسه پیش آزمون و پس آزمون نشانگرهای CVD در هر گروه یا تغییرات درون گروهی (میانگین $\pm$ انحراف معیار)
 Table 3. Comparison of pre-test and post-test cardiovascular disease (CVD) markers within each group (intra-group changes; mean $\pm$ standard deviation)

متغیر Variable	گروه Group	پیش آزمون Pre-test	پس آزمون Post-test	درصد تغییر Percentage change	p-value
CRP (mg.L)	هوازی / Aerobic	3.4 $\pm$ 0.4	2.9 $\pm$ 0.4	-٪6	0.06
	مقاومتی / Resistance	3.2 $\pm$ 0.5	2.9 $\pm$ 0.4	-٪10	0.02
	ترکیبی / Combined	3.2 $\pm$ 0.4	2.7 $\pm$ 0.3	-٪16	0.001
	کنترل / Control	3.1 $\pm$ 0.5	3.1 $\pm$ 0.5	٪0	0.98
فشار خون سیستولیک (mmHg) SBP	هوازی / Aerobic	130 $\pm$ 8	124 $\pm$ 7	-٪5	0.03
	مقاومتی / Resistance	131 $\pm$ 7	127 $\pm$ 6	-٪3	0.09
	ترکیبی / Combined	129 $\pm$ 8	121 $\pm$ 7	-٪6	0.01
	کنترل / Control	130 $\pm$ 7	130 $\pm$ 7	٪0	0.97
فشار خون دیاستولیک (mmHg) DBP	هوازی / Aerobic	80 $\pm$ 5	77 $\pm$ 4	-٪4	0.04
	مقاومتی / Resistance	81 $\pm$ 5	79 $\pm$ 5	-٪2	0.15
	ترکیبی / Combined	80 $\pm$ 6	75 $\pm$ 5	-٪6	0.01
	کنترل / Control	81 $\pm$ 5	81 $\pm$ 5	٪0	0.96

تغییرات ترکیب بدن

جدول ۴. تغییرات ترکیب بدن در گروه‌های تمرین ورزشی نشان می‌دهد (جدول ۴).

جدول ۴. مقایسه پیش آزمون و پس آزمون ترکیب بدن در هر گروه یا تغییرات درون گروهی (میانگین $\pm$ انحراف معیار)

Table 4. Comparison of pre-test and post-test body composition within each group (intra-group changes; mean $\pm$ standard deviation)

متغیر Variable	گروه Group	پیش آزمون Pre-test	پس آزمون Post-test	درصد تغییر Percentage change	p-value
درصد چربی بدن (%) Body fat percentage (%)	هوازی / Aerobic	34.2 $\pm$ 31.1	32.5 $\pm$ 2.9	-٪5	0.02
	مقاومتی / Resistance	34.5 $\pm$ 3.0	32.0 $\pm$ 2.8	-٪7	0.01
	ترکیبی / Combined	34.3 $\pm$ 3.2	31.0 $\pm$ 2.7	-٪10	0.001
	کنترل / Control	34.1 $\pm$ 3.1	34.2 $\pm$ 3.1	٪0	0.94
توده عضلانی (kg) Muscle mass (kg)	هوازی / Aerobic	24.5 $\pm$ 2.0	24.7 $\pm$ 2.0	+٪1	0.45
	مقاومتی / Resistance	24.3 $\pm$ 1.9	25.5 $\pm$ 2.1	+٪5	0.01
	ترکیبی / Combined	24.4 $\pm$ 2.1	26.0 $\pm$ 2.0	+٪7	0.001
	کنترل / Control	24.6 $\pm$ 2.0	24.5 $\pm$ 2.0	٪0	0.92

جدول شماره ۵ نتایج تحلیل واریانس کوواریانس (ANCOVA) را برای مقایسه بین گروهی متغیرهای پروفایل لیپیدی، نشانگرهای CVD و ترکیب بدن نشان می‌دهد. مقادیر اولیه (پیش‌آزمون) هر متغیر به عنوان کوواریت کنترل شده‌اند. سطح معنی‌داری ۰.۰۵ در نظر گرفته شده است. تفاوت‌های معنی‌دار بین گروه‌ها با آزمون تعقیبی توکی بررسی شده است.

جدول ۵. نتایج تحلیل ANCOVA برای مقایسه اثرات تمرینات ورزشی بر متغیرهای فیزیولوژیک در گروه‌های ورزشی
able 5. Results of ANCOVA analysis comparing the effects of exercise training on physiological variables among exercise groups

متغیر	F (df1, df2)	p-value	تفاوت معنی‌دار (آزمون توکی)
LDL (mg/dL)	13.20(56.3)	<0.001	ترکیبی < کنترل، ترکیبی < مقاومتی، هوازی < کنترل
HDL (mg/dL)	11.15(56.3)	<0.001	ترکیبی > کنترل، ترکیبی > مقاومتی، هوازی > کنترل
تری‌گلیسرید (mg/dL)	15.40(56.3)	<0.001	ترکیبی < کنترل، ترکیبی < هوازی، مقاومتی < کنترل
CRP (mg/L)	10.25(56.3)	<0.001	ترکیبی < کنترل، ترکیبی < هوازی، مقاومتی < کنترل
فشار خون سیستولیک (mmHg)	9.10(56.3)	<0.001	ترکیبی < کنترل، ترکیبی < مقاومتی، هوازی < کنترل
فشار خون دیاستولیک (mmHg)	8.30(56.3)	<0.001	ترکیبی < کنترل، ترکیبی < مقاومتی، هوازی < کنترل
درصد چربی بدن (%) Body fat percentage (%)	16.50(56.3)	<0.001	ترکیبی < کنترل، ترکیبی < هوازی، مقاومتی < کنترل
توده عضلانی (kg) Muscle mass (kg)	14.80(56.3)	<0.001	ترکیبی > کنترل، ترکیبی > هوازی، مقاومتی > کنترل

همان‌طور که مشاهده می‌شود نتایج نشان داد که گروه ترکیبی در همه متغیرهای فیزیولوژیک بهترین عملکرد را داشت و به طور معناداری از گروه کنترل ($p=0/001$) و یکی از گروه‌های هوازی یا مقاومتی ($p=0/001$) بهتر بود. گروه هوازی به طور معناداری در میزان کاهش LDL، فشار خون و افزایش HDL بهتر از گروه کنترل ($p=0/001$) بود. همچنین گروه مقاومتی به طور معناداری در کاهش تری‌گلیسرید، CRP، درصد چربی بدن و افزایش توده عضلانی بهتر از گروه ($p=0/001$) کنترل بود. گروه کنترل هیچ تغییر معنی‌داری نشان نداد.

بحث:

تحلیل ANCOVA با آزمون تعقیبی توکی تفاوت معناداری بین گروه‌ها در همه متغیرهای فیزیولوژیک نشان داد که با برتری گروه ترکیبی در مقایسه با گروه تمرین هوازی و مقاومتی همراه بود ($p<0.05$). تمرینات هوازی با افزایش فعالیت آنزیم لیپوپروتئین لیپاز (LPL) و بهبود متابولیسم لیپید، به‌ویژه کاهش LDL و افزایش HDL، مؤثر می‌باشد (۶). این اثرات به افزایش مصرف انرژی و بهبود عملکرد میتوکندریال در سلول‌های عضلانی نسبت داده می‌شود که متابولیسم چربی را تسهیل می‌کند (۱۵). علاوه بر این، تمرینات هوازی با بهبود عملکرد اندوتلیال عروق و کاهش فشار خون، خطر CVD را کاهش می‌دهند (۷).

تمرینات مقاومتی با افزایش توده عضلانی و بهبود حساسیت به انسولین، متابولیسم لیپید و التهاب را بهبود بخشیدند (۹). این تمرینات همچنین با کاهش چربی احشایی، که یک عامل کلیدی در افزایش خطر CVD است، به بهبود سلامت متابولیک کمک می‌کنند (۱۰). مطالعات نشان داده‌اند که تمرینات مقاومتی می‌توانند نشانگرهای التهابی مانند اینترلوکین-۶ (IL-6) و فاکتور

نکروز تومور آلفا (TNF- α) را کاهش دهند، که به کاهش التهاب سیستمیک کمک می‌کند (۱۱).

تمرینات ترکیبی با تأثیر بر هر دو مسیر متابولیک (افزایش LPL از طریق تمرین هوازی و بهبود حساسیت به انسولین از طریق تمرین مقاومتی)، اثرات سینرژیک نشان می‌دهند که منجر به بهبود بیشتر در پروفایل لیپیدی و نشانگرهای CVD می‌شود (۱۲). علاوه بر این، تمرینات ترکیبی با بهبود ترکیب بدن (کاهش ۱۰٪ در درصد چربی بدن و افزایش ۷٪ در توده عضلانی) به کاهش التهاب سیستمیک (مانند کاهش ۱۶٪ در CRP) کمک می‌کنند، که این امر با کاهش خطر آترواسکلروز مرتبط است (۵). این اثرات سینرژیک ممکن است به دلیل ترکیب افزایش مصرف انرژی و بهبود متابولیسم عضلانی باشد که هر دو نوع تمرین را به یک استراتژی جامع برای پیشگیری از CVD تبدیل می‌کند (۱۶).

نتایج این مطالعه با یافته‌های وانگ^۱ (۲۰۱۷) همخوانی دارد که نشان داد تمرینات هوازی به طور قابل توجهی HDL را افزایش می‌دهند و LDL را کاهش می‌دهند (۶). همچنین، کاهش CRP در گروه مقاومتی با یافته‌های ساردلی^۲ و همکاران (۲۰۱۸) همسو است که گزارش کردند تمرینات مقاومتی به طور معنی‌داری سطح CRP را در افراد مسن کاهش می‌دهد (۱۷). برتری تمرینات ترکیبی در این مطالعه مشابه نتایج من^۳ (۲۰۱۴) است که اثرات سینرژیک تمرینات ترکیبی را در بهبود متابولیسم لیپید و کاهش نشانگرهای التهابی نشان داد (۵).

مطالعات دیگر نشان داده‌اند که تمرینات ترکیبی می‌توانند اثرات مثبت بیشتری بر سلامت قلبی-عروقی در مقایسه با تمرینات هوازی یا مقاومتی به تنهایی داشته باشند، به‌ویژه در بهبود نسبت HDL/LDL و کاهش چربی احشایی (۱۸). همچنین، مطالعات گزارش کردند که تمرینات ترکیبی با شدت متوسط می‌توانند فشار خون را به طور قابل توجهی کاهش دهند، که با یافته‌های این مطالعه در مورد کاهش فشار خون سیستمیک و دیاستولیک در گروه ترکیبی همخوانی دارد (۱۹).

شدت، مدت و پایداری به برنامه تمرینی از عوامل کلیدی در اثربخشی مداخلات ورزشی هستند. مطالعات نشان داده‌اند که برنامه‌های تمرینی با شدت متوسط تا بالا (۶۰-۸۰٪ حداکثر ضربان قلب یا یک تکرار بیشینه) و حداقل ۱۵۰ دقیقه در هفته، نتایج بهتری در بهبود پروفایل لیپیدی دارند (۶). در این مطالعه، پایداری بالای شرکت‌کنندگان (بیش از ۸۰٪) به برنامه تمرینی، اثربخشی مداخلات را افزایش داد. علاوه بر این، شخصی‌سازی برنامه‌های تمرینی بر اساس سطح آمادگی جسمانی و شرایط سلامتی افراد، پایداری را بهبود بخشید (۲۰).

عوامل دیگری مانند ژنتیک و پاسخ‌های فردی به تمرینات نیز ممکن است بر نتایج تأثیر بگذارند. به عنوان مثال، برخی افراد ممکن است به دلیل تفاوت‌های ژنتیکی در متابولیسم لیپید، پاسخ‌های متفاوتی به انواع مختلف تمرینات نشان دهند (۲۱). این موضوع نیاز به تحقیقات بیشتر برای شناسایی نشانگرهای زیستی مرتبط با پاسخ به تمرینات را برجسته می‌کند. همچنین، عوامل محیطی مانند رژیم غذایی، استرس روانی و کیفیت خواب می‌توانند بر اثربخشی مداخلات ورزشی تأثیر بگذارند (۲۲).

نتایج این مطالعه نشان می‌دهند که تمرینات ترکیبی می‌توانند به عنوان یک استراتژی مؤثر برای پیشگیری از CVD در زنان یائسه مورد استفاده قرار گیرند. این نوع تمرینات نه تنها پروفایل لیپیدی را بهبود می‌بخشند، بلکه با کاهش التهاب و بهبود ترکیب بدن، خطر کلی CVD را کاهش می‌دهند. برنامه‌های تمرینی باید با شدت متوسط تا بالا و حداقل ۱۵۰ دقیقه در هفته طراحی شوند و با مشاوره تغذیه‌ای ترکیب شوند تا اثرات مثبت تقویت شوند (۵).

¹ .Wang

² . Sardeli

³ . Mann

محدودیت‌ها

۱. عوامل مخدوش‌کننده: عوامل محیطی مانند استرس روانی یا کیفیت خواب ممکن است بر نتایج تأثیر گذاشته باشند، که در این مطالعه کنترل نشدند (۲۲).
۲. تنوع در پاسخ‌های فردی: تفاوت‌های ژنتیکی و فیزیولوژیکی بین شرکت‌کنندگان ممکن است بر نتایج تأثیر گذاشته باشد (۲۲).

بنابراین پیشنهاد می‌شود تحقیقات آینده باید بر موارد زیر تمرکز کنند:

۱. بررسی اثرات بلندمدت تمرینات ترکیبی بر سلامت قلبی-عروقی.
۲. شناسایی نشانگرهای زیستی که پاسخ‌های فردی به تمرینات را پیش‌بینی می‌کنند (۲۳).
۳. ارزیابی تأثیر ترکیبی مداخلات ورزشی و تغذیه‌ای بر متابولیسم لیپید و خطر CVD (۲۴).
۴. بررسی نقش عوامل روان‌شناختی، مانند استرس و تاب‌آوری، در اثربخشی مداخلات ورزشی (۲۵).
۵. طراحی مطالعات با حجم نمونه بزرگ‌تر برای افزایش تعمیم‌پذیری نتایج (۲۶).

نتیجه‌گیری:

گروه ترکیبی با کاهش ۱۵٪ LDL و ۱۸٪ تری‌گلیسرید $p < 0.05$ مؤثرترین مداخله بود، که برتری آن نسبت به گروه هوازی (۱۰٪ کاهش LDL) و مقاومتی (۱۲٪ کاهش تری‌گلیسرید) تأیید می‌شود. این یافته‌ها بر اهمیت برنامه‌های ترکیبی تأکید دارد. به نظر می‌رسد ترکیب تمرینات هوازی و مقاومتی در زنان یائسه مؤثرتر باشد. تمرین ترکیبی به دلیل اثرات جامع‌تر بر پروفایل لیپیدی، نشانگرهای التهابی و ترکیب بدن، مؤثرترین مداخله برای کاهش خطر CVD در زنان یائسه بود. تمرینات هوازی و مقاومتی نیز اثرات مثبتی داشتند، اما به تنهایی به اندازه تمرین ترکیبی مؤثر نبودند. برنامه‌های تمرینی باید با شدت متوسط تا بالا و حداقل ۱۵۰ دقیقه در هفته طراحی شوند. این یافته‌ها بر اهمیت طراحی برنامه‌های تمرینی شخصی‌سازی شده برای زنان یائسه تأکید دارند.

تشکر و قدردانی

این پژوهش از طرف دانشگاه کوثر بجنورد با شماره قرارداد NO.0403261668 حمایت شده است. بدینوسیله از همکاری تمام کسانی که در این مطالعه ما را یاری نمودند صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع:

1. Matthews KA, Crawford SL, Chae CU, Everson-Rose SA, Sowers MF, Sternfeld B, et al. Are changes in cardiovascular disease risk factors in midlife women due to chronological aging or to the menopausal transition? *journal of the american college of cardiology*. 2009;54(25):2366-73.
2. mendis s, puska p, norrving be. *global atlas on cardiovascular disease prevention and control* 2011.
3. I woodard j, a sugarman m, a nielson k, carson smith j, seidenberg m, durgerian s, et al. lifestyle and genetic contributions to cognitive decline and hippocampal structure and function in healthy aging. *current alzheimer research*. 2012;9(4):436-46.

4. el khoudary sr, aggarwal b, beckie tm, hodis hn, johnson ae, langer rd, et al. menopause transition and cardiovascular disease risk: implications for timing of early prevention: a scientific statement from the american heart association. *circulation*. 2020;142(25):e506-e32.
5. mann s, beedie c, jimenez a. differential effects of aerobic exercise, resistance training and combined exercise modalities on cholesterol and the lipid profile: review, synthesis and recommendations. *sports medicine*. 2014;44(2):211-21.
6. wang y, xu d. effects of aerobic exercise on lipids and lipoproteins. *lipids in health and disease*. 2017;16(1):132.
7. cornelissen va, smart na. exercise training for blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *journal of the american heart association*. 2013;2(1):e004473.
8. kodama s, tanaka s, saito k, shu m, sone y, onitake f, et al. effect of aerobic exercise training on serum levels of high-density lipoprotein cholesterol: a meta-analysis. *archives of internal medicine*. 2007;167(10):999-1008.
9. strasser b, siebert u, schobersberger w. resistance training in the treatment of the metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis of the effect of resistance training on metabolic clustering in patients with abnormal glucose metabolism. *sports medicine*. 2010;40(5):397-415.
10. bea jw, cussler ec, going sb, blew rm, metcalfe ll, lohman tg. resistance training predicts six-year body composition change in postmenopausal women. *medicine and science in sports and exercise*. 2010;42(7):1286.
11. donges c, duffield r, drinkwater e. effects of resistance or aerobic exercise training on interleukin-6, c-reactive protein, and body composition. *medicine and science in sports and exercise*. 2010;42(2):304-13.
12. ho ss, dhaliwal ss, hills ap, pal s. effects of chronic exercise training on inflammatory markers in australian overweight and obese individuals in a randomized controlled trial. *inflammation*. 2013;36(3):625-32.
13. akhlaghi m, kohanmoo a. sleep deprivation in development of obesity, effects on appetite regulation, energy metabolism, and dietary choices. *nutrition research reviews*. 2023:1-21.[In Persian]
14. krušnauskas r. effects of gender, age and physical fitness on responsiveness to interval training: *lietuvos sporto universitetas*.; 2021.
15. koh j-h, hancock cr, terada s, higashida k, holloszy jo, han d-h. ppar β is essential for maintaining normal levels of pgc-1 α and mitochondria and for the increase in muscle mitochondria induced by exercise. *cell metabolism*. 2017;25(5):1176-85. e5.
16. schjerve ie, tyldum ga, tjønna ae, stølen t, loennechen jp, hansen he, et al. both aerobic endurance and strength training programmes improve cardiovascular health in obese adults. *clinical science*. 2008;115(9):283-93.
17. sardeli av, tomeleri cm, cyrino es, fernhall b, cavaglieri cr, chacon-mikahil mpt. effect of resistance training on inflammatory markers of older adults: a meta-analysis. *experimental gerontology*. 2018;111:188-96.
18. o'brien mw. the impact of exercise training on pulse wave velocity in healthy and clinical populations: a 1 systematic review of systematic reviews 2.
19. roeters van lennep je, westerveld ht, erkelens dw, van der wall ee. risk factors for coronary heart disease: implications of gender. *cardiovascular research*. 2002;53(3):538-49.
20. xin c, ye m, zhang q, he h. effect of exercise on vascular function and blood lipids in postmenopausal women: a systematic review and network meta-analysis. *international journal of environmental research and public health*. 2022;19(19):12074.

21. curtis cl, goldberg a, kleim ja, wolf sl. translating genomic advances to physical therapist practice: a closer look at the nature and nurture of common diseases. *physical therapy*. 2016;96(4):570-80.
22. dibben go, faulkner j, oldridge n, rees k, thompson dr, zwisler a-d, et al. exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease: a meta-analysis. *european heart journal*. 2023;44(6):452-69.
23. sarzynski ma, davidsen pk, sung yj, hesselink mk, schrauwen p, rice tk, et al. genomic and transcriptomic predictors of triglyceride response to regular exercise. *british journal of sports medicine*. 2015;49(23):1524-31.
24. cheng c-c, hsu c-y, liu j-f. effects of dietary and exercise intervention on weight loss and body composition in obese postmenopausal women: a systematic review and meta-analysis. *menopause*. 2018;25(7):772-82.
25. carvalho-dos-santos r, delgado r-m, ferreira-dos-santos g, vaz-carneiro a. analysis of the cochrane review: exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease. *cochrane database syst rev*. 2016; 1: cd001800. *acta medica portuguesa*. 2019;32(7-8):483-7.
26. meta-análise urse, fuerza l. effects of combined training on body composition, muscle strength and aerobic power in women: a systematic review and meta-analysis. *rev bras med esporte*. 2025;31:e2022_0389.