Sport. Physiol, 2026, 18(69): 81-98. DOI: 10.22089/spj.2026.18822.2421

Sport Physiology

Journal hompage: https://spj.ssrc.ac.ir

Original Article

The Effect of Resistance and Endurance Training on Triglyceride, Cholesterol, and Apolipoprotein A-1 Levels in Women with Type 2 Diabetes: A Randomized Controlled Trial

Bagher Shoja Anzabi [1], Reza Farzizadeh*[1], Farnaz Seifi-Asgshahr[1] Afshin Nejati-Afkham[2]

1. Department of Sport Physiology, Faculty of Educational Science and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2. Department of Cardiology, School of Medicine, Ardabil University of Medical Sciences, Ardabil, Iran

Received: 19-Nov-2025 | **Accepted: 31-Jan-2026** | **Available Online: 31-Jan-2026**

*Corresponding Author: Reza Farzizadeh, E-mail: r_farzizadeh@uma.ac.ir

How to Cite: Shoja Anzabi, B; Farzizadeh, R; Seifi-asgshahr F; Nejati-afkham, A. (2026). The Effect of Resistance and Endurance Training on Triglyceride, Cholesterol, and Apolipoprotein A-1 Levels in Women with Type 2 Diabetes: A Randomized Controlled Trial. *Sport Physiology*, 18(69):81-98. (In Persian). Doi: 10.22089/spj.2026.18822.2421

Extended Abstract

Background and Purpose

Type 2 diabetes mellitus (T2DM) ranks among the century's most prevalent metabolic disorders, defined by chronic hyperglycemia, insulin resistance, and profound dyslipidemia that burdens global healthcare systems. Middle-aged and elderly women face escalating prevalence, compounded by obesity, hypertension, and premature cardiovascular mortality. Central to T2DM pathology is dyslipidemia: hypertriglyceridemia, hypercholesterolemia, reduced high-density lipoprotein (HDL), and low apolipoprotein A-1 (ApoA-1)—HDL's principal structural protein essential for reverse cholesterol transport, anti-inflammatory effects, and endothelial protection. Exercise emerges as a cornerstone non-pharmacological therapy. Resistance training (RT) targets muscular hypertrophy and metabolic rate elevation, whereas endurance training (ET) optimizes aerobic efficiency and lipid oxidation. Notwithstanding supportive literature, comparative RT versus ET efficacy on TG, CHOL, and ApoA-1 remains contentious in female T2DM cohorts. This randomized controlled trial systematically compared 8-week RT and ET protocols' influence on lipidomic, anthropometric, and glycemic indices in sedentary T2DM women, elucidating optimal exercise prescriptions for dyslipidemia mitigation and cardiovascular risk stratification.

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Materials and Methods

This randomized pretest-posttest controlled clinical trial enrolled 60 sedentary women diagnosed with type 2 diabetes mellitus (T2DM; mean age: 50.87 ± 7.63 years; BMI ≈30 kg/m²) from Ardabil, Iran. Participants were randomly allocated (simple randomization via random number generator) to three equal groups (n=20 each): resistance training (RT), endurance training (ET), or control. Strict inclusion criteria ensured homogeneity: age 45-60 years, T2DM duration >1 year, HbA1c 6.5-9%, no cardiovascular/respiratory/musculoskeletal disorders, sedentary (<150 min/week moderate activity), normotensive (<140/90 mmHg), non-smokers, stable oral antidiabetic monotherapy, no skin lesions, and voluntary informed consent. Exclusions: pregnancy, insulin therapy, recent infections, or orthopedic limitations. Medical clearance obtained via physician evaluation and ECG.Baseline assessments (24h pre-intervention) encompassed anthropometrics (stature: Seca stadiometer; mass: digital scale; BMI; WHR via tape measure), hemodynamics (sphygmomanometer), and fasting venous blood (8-10h) for FBS, insulin (ELISA), TG, CHOL, ApoA-1 (commercial kits, calibrated spectrophotometry/ELISA reader). 8-week intervention: 3 supervised sessions/week (48h apart), 45-60 min duration. RT: 10min warm-up (cycling/stretching), 6 multi-joint exercises (leg press, bench press, lat pulldown, seated row, leg curl/extension, shoulder press) at 40%1RM (week1) progressing to 75%1RM (weeks7-8; 3sets×8-12reps, 60-90s rest), 10min cool-down. 1RM estimated Brzycki formula. ET: treadmill (10min warm-up), continuous moderate intensity 40-75% maxHR (220-age), duration 20-45min progressive, 10min cool-down. Controls maintained habitual lifestyle sans exercise. Adherence >85%; progression monitored RPE (6-8/10). Post-testing: 48h post-final session (counterbalanced order). Statistical analysis: SPSS v26. Normality (Shapiro-Wilk), homogeneity (Levene). Primary: MANOVA (group×time), univariate ANOVA, Bonferroni post-hoc ($p<0.05$). Partial η^2 effect sizes. Power analysis (G*Power): 0.80, $\alpha=0.05$, $f=0.40$.

Results

Post-intervention analysis revealed substantial improvements across anthropometric, glycemic, and lipid variables in both exercise cohorts versus sedentary controls. Resistance training (RT) induced pronounced weight loss (75.67 ± 11.66 kg pre-intervention to 65.91 ± 8.14 kg post-intervention; absolute reduction 9.76 kg, -12.89%, $p<0.001$), accompanied by significant BMI decline (30.41 ± 3.80 to 27.94 ± 3.13 kg/m²; -8.12%, $p<0.001$). Waist-hip ratio (WHR) improved from 0.91 ± 0.04 to 0.86 ± 0.05 ($p=0.01$), signifying reduced central adiposity. Fasting blood sugar (FBS) decreased 12.85 mg/dL (149.14 ± 26.32 to 136.29 ± 15.62 mg/dL, $p<0.005$), indicating enhanced glycemic control.Endurance training (ET) demonstrated moderate but clinically meaningful reductions: weight declined 5.11 kg (69.99 ± 13.26 to 64.88 ± 10.23 kg; -7.3%, $p=0.002$), BMI decreased (29.10 ± 6.01 to 28.04 ± 5.64 kg/m²; -3.4%, $p=0.04$), WHR improved (0.88 ± 0.07 to 0.58 ± 0.01, $p=0.03$), and FBS reduced 15.58 mg/dL (147.29 ± 27.57 to 131.71 ± 22.26 mg/dL, $p=0.003$). Notably, ET achieved greater absolute FBS reduction than RT, suggesting superior glycemic responsiveness. Conversely, control participants exhibited stasis: weight (70.93 ± 7.80 to 70.81 ± 7.63 kg, $p=0.85$), BMI (30.01 ± 3.89 to 29.82 ± 4.11 kg/m², $p=0.40$), WHR (0.87 ± 0.37 to 0.86 ± 0.03, $p=0.67$), and FBS (194.29 ± 37.79 to 178.14 ± 32.61

mg/dL, p=0.07) remained statistically unchanged.Multivariate analysis of variance (MANOVA) confirmed significant between-group differences for primary outcomes: FBS post-intervention (F=4.02, p=0.01, η^2=0.44, large effect), BMI post-intervention (F=3.45, p=0.03, η^2=0.34, moderate-large effect), and triglycerides post-intervention (F=3.62, p=0.03, η^2=0.35), with both RT and ET reducing triglycerides by approximately 20-25% from baseline. However, secondary lipid markers showed no significant intergroup differences: total cholesterol (F=1.93, p=0.15, η^2=0.22), insulin (F=0.97, p=0.42), HbA1c (F=0.61, p=0.61, η^2=0.61), and apolipoprotein A-1 (ApoA-1; F=0.59, p=0.62, η^2=0.08). Controls remained biochemically stable across all measured variables, thereby highlighting training-specific metabolic improvements. Post-hoc Bonferroni tests confirmed RT and ET equivalence for significant outcomes, with both superior to controls ($p<0.05$).

Conclusion

Eight weeks of resistance and endurance training substantially improved anthropometric, glycemic, and triglyceridemic indices in women with type 2 diabetes, corroborating Miller et al. (2017) and Ghodrat et al. (2022) on exercise-induced metabolic amelioration. Both modalities yielded comparable benefits: RT excelled in weight/BMI reduction (-12.89%/-8.12%), whereas ET matched glycemic improvements (FBS ↓15.58 mg/dL). Triglyceride reductions (~20-25%) underscore favorable lipid modulation. However, absent total cholesterol, apolipoprotein A-1 (ApoA-1), and HbA1c improvements suggest 8-week duration insufficiency; longer protocols may enhance apolipoprotein dynamics and long-term glycemic control. Exercise intensity, population heterogeneity, and medication confounders warrant consideration. These findings reinforce structured exercise's pivotal role in non-pharmacological T2DM management, supporting personalized training prescription based on individual preferences, comorbidities, and fitness levels. Future investigations should examine extended interventions (>12 weeks), combined RT+ET protocols, and sex-stratified responses for optimized cardiovascular risk reduction.

Key Words: Type 2 Diabetes, Resistance Training, Endurance Training, Triglycerides, Total Cholesterol.

Article Message

Type 2 diabetes mellitus imposes substantial metabolic and cardiovascular burdens, particularly in women. This study demonstrates that structured resistance and endurance training interventions, implemented systematically over eight weeks, effectively ameliorate anthropometric (weight, BMI, WHR), glycemic (FBS), and lipid (triglycerides) dysfunctions in sedentary diabetic women. Both exercise modalities yielded comparable benefits, with resistance training demonstrating superior body composition reductions and endurance training matching glycemic improvements. These findings underscore exercise's pivotal non-pharmacological role in T2DM management. Clinicians should prescribe personalized exercise protocols aligned with individual patient preferences, functional capacity, and comorbidities to enhance adherence and

therapeutic efficacy. Structured exercise integration into diabetes care pathways optimizes metabolic control and reduces premature cardiovascular mortality.

Ethical Considerations

The present study was approved by the Research Ethics Committee of Mohaghegh Ardabili University with ethical code IR.UMA.REC.1403.061. The clinical trial registration number at the Iranian Registry of Clinical Trials (IRCT) is IRCT20250405065220N1.

Authors' Contributions

Conceptualization: Reza Farzizadeh
Data Collection: Bagher Shoja Anzabi
Data Analysis: Farnaz Seifi-askishahr
Manuscript Writing: Bagher Shoja Azabi
Review and Editing: Reza Farzizadeh
Literature Review: Afshin Nejati-afkham
Project Manager: Reza Farzizadeh

Conflict of Interest

In this study, the authors declare that they have no financial, personal, or professional conflicts of interest, and all stages of the research were conducted in full compliance with ethical principles and without any influence from secondary interests.

Acknowledgments

We sincerely acknowledge all individuals who contributed to the successful completion of this research, particularly our esteemed study participants and the respected laboratory specialists. Your invaluable collaboration and unwavering support played a crucial role in advancing and accomplishing this investigation. We express our heartfelt gratitude for your dedication and commitment throughout this research endeavor.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

فیزیولوژی ورزشی، بهار ۱۴۰۵، دوره ۱۸، شماره ۶۹، صص ۸۱-۹۸. DOI: 10.22089/spj.2026.18822.2421

فیزیولوژی ورزشی
وبگاه نشریه: https://spj.ssrc.ac.ir

مقاله پژوهشی

تأثیر تمرینات مقاومتی و استقامتی بر سطوح تری‌گلیسرید، کلسترول و آپولیپوپروتئین A-1 در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲: یک کارآزمایی تصادفی کنترل‌شده

باقر شجاع انزابی [۱]، رضا فرضی‌زاده *[۲]، فرناز سیفی–اسگ‌شهر [۲]، افشین نجاتی افخم [۳]

۱. دانشجوی دکتری گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۳. استادیار گروه قلب، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۲۸ | تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۱۱ | تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۴/۱۱/۱۱

*نویسنده مسئول: رضا فرضی زاده، ایمیل: r_farzizadeh@uma.ac.ir

نحوه ارجاع‌دهی: شجاع انزابی، باقر؛ فرضی‌زاده، رضا؛ سیفی - اسگ شهر، فرناز و نجاتی افخم، افشین. (۱۴۰۵). تأثیر تمرینات مقاومتی و استقامتی بر سطوح تری‌گلیسرید، کلسترول و آپولیپوپروتئین A-1 در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲: یک کارآزمایی تصادفی کنترل‌شده. فیزیولوژی ورزشی، ۱۸(۶۹): ۸۱-۹۸.

چکیده

هدف: دیابت نوع ۲ در زنان میانسال شایع است و باعث اختلال در استفاده انسولین، افزایش قندخون و مشکلات لیپیدی می‌شود. تغییرات هورمونی یائسگی، چاقی و کم‌تحرکی ریسک ابتلا به این بیماری را افزایش می‌دهند. این مطالعه کارآزمایی تصادفی کنترل‌شده با هدف مقایسه تأثیر هشت هفته تمرینات مقاومتی و استقامتی بر سطوح تری‌گلیسرید، کلسترول تام و آپولیپوپروتئین A-1 در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ انجام شد.

مواد و روش‌ها: شصت زن مبتلا به دیابت نوع ۲ با میانگین سنی ۷/۶۳ ±۵۰/۸۷ سال به طور تصادفی در سه گروه (هر گروه ۲۰ نفر) شامل تمرین مقاومتی، استقامتی و کنترل تقسیم شدند. معیارهای ورود آزمودنی‌ها به پژوهش شامل نداشتن سابقه بیماری قلبی‌عروقی، نداشتن فعالیت بدنی منظم و مصرف داروی مشابه برای کنترل دیابت بود. گروه‌های مداخله تحت برنامه‌های تمرینی ساختاریافته، سه جلسه در هفته به مدت هشت هفته قرار گرفتند. شاخص‌های متابولیک شامل قندخون ناشتا، شاخص توده بدنی، تری‌گلیسرید، کلسترول تام و آپولیپوپروتئین A-1 در ابتدا و پایان مطالعه اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: در هر دو گروه تمرین مقاومتی و استقامتی به طور معناداری قندخون ناشتا (P=۰/۰۱)، شاخص توده بدنی (P=۰/۰۳) و تری‌گلیسرید (P=۰/۰۳) در مقایسه با گروه کنترل کاهش یافت، اما تغییر معناداری در کلسترول تام و آپولیپوپروتئین A-1 مشاهده نشد (P>۰/۰۵). همچنین بین اثربخشی دو نوع تمرین در بهبود شاخص‌های بررسی‌شده تفاوت معناداری وجود نداشت.

نتیجه‌گیری: تمرینات مقاومتی و استقامتی طی هشت هفته به طور چشمگیری شاخص‌های متابولیک مهمی مانند قندخون ناشتا، شاخص توده بدنی و تری‌گلیسرید را در زنان میان‌سال مبتلا به دیابت نوع ۲ بهبود می‌بخشند. این نتایج نشان‌دهنده کارایی هر دو نوع تمرین در کنترل بهتر قندخون و بهبود ترکیب بدن است و می‌تواند به‌عنوان بخشی از درمان‌های غیردارویی به کار رود؛ با این حال، برای بررسی دقیق‌تر اثرات بر سایر شاخص‌های لیپیدی مثل آپولیپوپروتئین A-1، انجام مطالعات طولانی‌تر با نمونه‌های بزرگ‌تر توصیه می‌شود.

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

واژگان کلیدی: دیابت نوع ۲، تمرین مقاومتی، تمرین استقامتی، تری‌گلیسرید، کلسترول تام.

مقدمه

دیابت نوع ۲ یکی از شایع‌ترین بیماری‌های متابولیک قرن حاضر است که با اختلال در متابولیسم گلوکز و مقاومت به انسولین مشخص می‌شود و بار چشمگیری بر سلامت عمومی و نظام‌های درمانی جهان وارد می‌کند (۱). شیوع این بیماری، به‌ویژه در میان زنان میانسال و سالمند رو به افزایش است و با افزایش خطر بیماری‌های قلبی‌عروقی، چاقی، اختلالات لیپیدی و مرگ‌ومیر زودرس همراه است (۲). یکی از مهم‌ترین عوامل خطر در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲، اختلال در پروفایل لیپیدی است که خود عامل مهمی در بروز آترواسکلروز و بیماری‌های قلبی‌عروقی محسوب می‌شود (۳). پروفایل لیپیدی شامل شاخص‌هایی مانند تری‌گلیسرید (TG)، کلسترول تام (CHOL)، لیپوپروتئین‌های با چگالی کم (LDL)، لیپوپروتئین‌های با چگالی بالا (HDL) و آپولیپوپروتئین‌ها است (۴). آپولیپوپروتئین A-1 (ApoA-1) جزء اصلی HDL شناخته می‌شود و نقش کلیدی در انتقال معکوس کلسترول و محافظت از عروق ایفا می‌کند (۵). کاهش سطوح ApoA-1 و HDL و افزایش تری‌گلیسرید و کلسترول تام، از ویژگی‌های شایع در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ است که به افزایش خطر بیماری‌های قلبی‌عروقی منجر می‌شود (۷، ۶). در سال‌های اخیر، رویکردهای غیردارویی، به‌ویژه مداخلات ورزشی به‌عنوان راهکاری مؤثر برای بهبود کنترل متابولیک و کاهش عوارض دیابت نوع ۲ مدنظر قرار گرفته‌اند (۸). تمرینات ورزشی به طور کلی به دو دسته اصلی تمرینات مقاومتی[1] و تمرینات استقامتی[2] تقسیم می‌شوند. تمرینات مقاومتی فعالیت‌هایی است که با استفاده از وزنه یا مقاومت خارجی موجب افزایش قدرت و حجم عضلات می‌شود (۹)؛ در حالی که تمرینات استقامتی عمدتاً شامل فعالیت‌هایی مانند پیاده‌روی سریع، دویدن، دوچرخه‌سواری و شنا هستند که به بهبود ظرفیت هوازی و سلامت قلبی-عروقی منجر می‌شوند (۱۰).

مطالعات متعدد نشان داده‌اند که تمرینات استقامتی می‌توانند با بهبود حساسیت به انسولین، کاهش تری‌گلیسرید و کلسترول تام و افزایش HDL، نقش مهمی در بهبود پروفایل لیپیدی بیماران دیابتی ایفا کنند (۱۳-۱۱). مکانیسم‌های فیزیولوژیک این اثرات شامل افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب، کاهش سنتز تری‌گلیسرید در کبد و افزایش برداشت لیپوپروتئین‌ها توسط عضلات فعال است (۱۴). از سوی دیگر، تمرینات مقاومتی نیز با افزایش توده عضلانی و بهبود ترکیب بدن می‌توانند به کاهش مقاومت به انسولین و بهبود شاخص‌های متابولیک کمک کنند (۱۵). برخی شواهد نشان می‌دهند که تمرینات مقاومتی علاوه‌بر اثرات مثبت بر قندخون، می‌توانند سطوح ApoA-1 و HDL را نیز بهبود بخشند و اثرات مطلوبی بر پروفایل لیپیدی داشته باشند (۱۷، ۱۶، ۱۲).

با وجود شواهد موجود، هنوز ابهام‌های مهمی درباره مقایسه اثربخشی تمرینات مقاومتی و استقامتی بر شاخص‌های لیپیدی، به‌ویژه تری‌گلیسرید، کلسترول و ApoA-1 در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ وجود دارد. زنان دیابتی به دلیل تغییرات هورمونی، ترکیب بدن و تفاوت‌های جنسیتی در پاسخ به تمرینات ورزشی، ممکن است واکنش‌های متفاوتی در مقایسه با مردان نشان دهند (۱۹، ۱۸). همچنین بیشتر مطالعات پیشین بر جمعیت مردان یا گروه‌های مختلط متمرکز

1. Resistance Training
2. Endurance/Aerobic Training

بوده‌اند و داده‌های اختصاصی مربوط به زنان دیابتی محدود است. از سوی دیگر، مطالعات جدیدتر به اهمیت انتخاب نوع تمرین، شدت، مدت و ترکیب تمرینات برای دستیابی به حداکثر فواید متابولیک تأکید دارند (۲۰). برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که ترکیب تمرینات مقاومتی و استقامتی می‌تولند اثرات هم‌افزایی بر بهبود پروفایل لیپیدی و کنترل قندخون داشته باشد (۲۲، ۲۱)، اما بررسی جداگانه و مقایسه‌ای هریک از این دو نوع تمرین همچنان اهمیت دارد. افزون بر این، بررسی اثرات تمرینات ورزشی بر آپولیپوپروتئین‌ها به‌ویژه ApoA-1، به‌عنوان شاخص‌های نوین خطر قلبی‌عروقی، می‌تولند دیدگاه‌های جدیدی در مدیریت غیردارویی دیلبت نوع ۲ ارئه دهد (۲۳). در مطالعه‌ای روی زنان مبتلا به دیابت نوع ۲، قدرت و همکاران گزارش کردند که هشت هفته تمرین ورزشی (به صورت هم‌زمان در یک روز یا روزهای مجزا) موجب تغییر معناداری در سطوح تری‌گلیسرید نشد. این یافته با نتایج مطالعه حاضر که کاهش معناداری در تری‌گلیسرید را نشان داد، در تناقض است. به نظر می‌رسد، تفاوت در «شدت تمرینات» و «نوع ترکیب تمرینات» (استفاده از تمرینات اینتروال در مقابل تمرینات استقامتی تداومی) از دلایل اصلی این ناهمسویی در نتایج باشد؛ چراکه شدت‌های بالاتر ممکن است پاسخ‌های متابولیک متفاوتی را در بازگرداندن پروفایل لیپیدی به سطح نرمال ایجاد کنند (۲۴). همچنین گوردون[1] و همکاران در مطالعه مروری خود بر این نکته تأکید کردند که پاسخ شاخص‌های لیپیدی و آپولیپوپروتئین‌ها به مداخلات ورزشی همواره یکسان نیست. یافته‌های مطالعه آن‌ها نشان می‌دهد که برخلاف کلسترول HDL، تغییر در سطوح ApoA-1 متعاقب تمرینات ورزشی (به‌ویژه تمرینات مقاومتی) نتایج بسیار ناپایداری داشته است؛ به طوری که در برخی مطالعات افزایش و در بسیاری دیگر نبود تغییر گزارش شده است. طبق دیدگاه این پژوهشگران، این تناقض می‌تواند ناشی از تفاوت در دوز تمرینی، شدت مداخله و میزان تغییرات ترکیب بدنی باشد که نشان می‌دهد، بهبود مشاهده‌شده در مطالعه حاضر ممکن است به پروتکل دقیق طراحی‌شده و ویژگی‌های خاص آزمودنی‌ها (زنان مبتلا به دیابت نوع ۲) مرتبط باشد (۲۵).

درباره ارزش تشخیصی و پیش‌بینی‌کنندگی شاخص‌های آپولیپوپروتئین، یافته‌های متناقض وجود دارد. برخلاف مطالعه حاضر که بر اهمیت بهبود ApoA1 تأکید دارد، شکور و همکاران در مطالعه‌ای روی جمعیت بزرگسال نشان دادند که ApoA1 با قندخون ناشتا ارتباط معکوس دارد، اما این شاخص در پیش‌بینی دقیق ابتلا به دیابت نوع ۲ در مقایسه با ApoB و نسبت ApoB/A1 عملکرد ضعیف‌تری (AUC=۰/۳۱۰) دارد. این تناقض نشان می‌دهد که تمرینات ورزشی (مقاومتی و استقامتی) می‌توانند سطح ApoA1 را بهبود بخشند، اما برای ارزیابی جامع ریسک قلبی-متابولیک در بیماران دیابتی، بهتر است این شاخص در کنار سایر آپولیپوپروتئین‌ها تفسیر شود (۲۶). از دیدگاه فیزیولوژیک، تمرینات استقامتی با افزایش فعالیت آنزیم‌های اکسیداتیو، بهبود عملکرد میتوکندری و افزایش برداشت گلوکز توسط عضلات اسکلتی، نقش مهمی در بهبود متابولیسم چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها دارند (۲۷). تمرینات مقاومتی نیز با تحریک سنتز پروتئین عضلانی، افزایش توده بدون چربی بدن و کاهش توده چربی می‌توانند حساسیت به انسولین را بهبود بخشند و از طریق کاهش التهاب مزمن، اثرات مثبت بر سلامت قلبی-عروقی داشته باشند (۲۸). همچنین شواهد نشان

1. Gordon

می‌دهند، تمرینات ورزشی می‌توانند بر بیان ژن‌های مرتبط با متابولیسم لیپید و پروتئین‌های انتقال‌دهنده کلسترول مانند ApoA-1 تأثیر بگذارند (۲۹).

با توجه به اهمیت کنترل اختلالات لیپیدی در کاهش خطر عوارض قلبی‌عروقی در بیماران دیابتی، شناسایی مداخلات ورزشی مؤثر بر بهبود تری‌گلیسرید، کلسترول و ApoA-1، به‌ویژه در زنان، از اولویت‌های پژوهشی حوزه سلامت عمومی و پزشکی ورزشی است (۳۰). در این راستا، انجام کارآزمایی‌های تصادفی کنترل‌شده با طراحی دقیق و استفاده از شاخص‌های بیوشیمیایی معتبر می‌تواند شواهد علمی ارزشمندی برای تدوین راهبردهای درمانی و پیشگیرانه ارائه دهد؛ بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی و مقایسه تأثیر تمرینات مقاومتی و استقامتی بر سطوح تری‌گلیسرید، کلسترول و آپولیپوپروتئین A-1 در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ طراحی و اجرا شد. نتایج این مطالعه می‌تواند به درک بهتر مکانیسم‌های اثرگذاری انواع تمرینات ورزشی بر پروفایل لیپیدی و ارائه توصیه‌های کاربردی برای ارتقای سلامت زنان دیابتی کمک کند.

روش پژوهش

این مطالعه به صورت کارآزمایی بالینی با طراحی پیش‌آزمون و پس‌آزمون همراه با گروه کنترل اجرا شد. در این پژوهش، ۶۰ زن مبتلا به دیابت نوع ۲ در سه گروه شامل تمرین مقاومتی (میانگین سنی ۶/۷۰ ± ۵۱/۱۴ سال)، تمرین استقامتی (میانگین سنی ۷/۹۵± ۵۰/۲۰ سال) و گروه کنترل (میانگین سنی ۸/۲۲ ±۴۹/۲۷ سال) انتخاب شدند. معیارهای ورود آزمودنی‌ها به مطالعه شامل نداشتن سابقه بیماری‌های قلبی‌عروقی، نداشتن فعالیت بدنی منظم در شش ماه گذشته، مبتلا نبودن به فشارخون بالا، غیرسیگاری بودن، مصرف داروی مشابه برای کنترل دیابت نوع ۲ توسط همه شرکت‌کنندگان، نداشتن زخم‌های پوستی و نبود اختلالات اسکلتی‌عضلانی محدودکننده فعالیت بدنی بود. همچنین رضایت‌نامه کتبی از تمامی افراد برای مشارکت در پژوهش دریافت شد. معیارهای خروج آزمودنی‌ها از مطالعه شامل حضور نامنظم در جلسات تمرینی، بروز آسیب‌دیدگی در حین تمرینات و تمایل نداشتن به ادامه همکاری بود. پس از انتخاب شرکت‌کنندگان و تأیید معیارهای ورود، رضایت‌نامه آگاهانه از تمامی افراد دریافت شد. سپس شرکت‌کنندگان به طور تصادفی در یکی از سه گروه تمرین مقاومتی، تمرین استقامتی یا گروه کنترل تقسیم شدند. در ابتدای مطالعه، داده‌های پایه شامل سن، قد، وزن، شاخص توده بدنی (BMI)[1]، نسبت دور کمر به باسن (WHR)[2]، فشارخون[3]، قندخون ناشتا (FBS)[4]، انسولین[5]، تری‌گلیسرید[6]، کلسترول[7] و آپولیپوپروتئین A-1[8] ثبت شد.

1. Body Mass Index
2. Waist-Hip Ratio
3. Blood pressure
4. Fasting Blood Sugar
5. Insulin
6 .Triglyceride
7. Cholesterol
8. Apolipoprotein A-1

پیش از نمونه‌گیری خون، هر شرکت‌کننده توسط پزشک معاینه شد تا آمادگی جسمانی برای انجام فعالیت ورزشی و دریافت مجوز پزشکی تأیید شود. پس از جمع‌آوری نمونه‌های خون پیش‌آزمون، جلسه‌ای با هدف آشنایی کامل با روند مطالعه و تشریح پروتکل‌های ورزشی برای همه شرکت‌کنندگان برگزار شد. سپس دوره‌ای یک‌هفته‌ای به‌منظور آشنایی و سازگاری با انواع تمرینات پیش‌بینی‌شده در پژوهش اجرا شد. پس از اتمام این مرحله، مداخله اصلی تمرینی به مدت هشت هفته آغاز شد. در طول این مدت، از اعضای گروه کنترل خواسته شد که بدون ایجاد تغییر در فعالیت‌های روزمره، روند زندگی عادی خود را ادامه دهند.

نمونه‌گیری اولیه خون، ۲۴ ساعت پیش از شروع جلسات تمرینی و پس از ۱۲ ساعت ناشتایی انجام شد. به شرکت‌کنندگان تأکید شد که از مصرف هرگونه مکمل یا دارو خودداری کنند و همچنین چند روز پیش از نمونه‌گیری، از انجام فعالیت‌های شدید بدنی و قرار گرفتن در شرایط استرس‌زا پرهیز کنند. جمع‌آوری خون بین ساعت ۸ تا ۱۰ صبح در آزمایشگاه و مطابق با پروتکل‌های استاندارد نمونه‌گیری، با برداشت ۱۰ سی‌سی خون از ورید بازوی چپ شرکت‌کنندگان در حالت نشسته توسط تکنسین آزمایشگاه صورت گرفت. نمونه‌های خون پس‌آزمون نیز پس از پایان دوره هشت‌هفته‌ای تمرینات مقاومتی، استقامتی و ترکیبی، در شرایط ناشتایی و با فاصله ۴۸ ساعت از آخرین جلسه تمرینی از تمامی شرکت‌کنندگان گرفته شد. بلافاصله پس از نمونه‌گیری، خون به مدت پنج دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد تا سرم آن جدا شود. سرم به‌دست‌آمده به ویال‌های استاندارد برچسب‌گذاری‌شده منتقل شد و تا زمان انجام آزمایش‌ها در فریزر با دمای منفی ۷۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سطوح سرمی انسولین، قندخون ناشتا (FBS)، تری‌گلیسرید، کلسترول و آپولیپوپروتئین A-1 با استفاده از کیت‌های تجاری اختصاصی (پارس آزمون، ایران) و دستگاه الایزا[1] مطابق با دستورالعلی دقیق سازنده سنجش شدند (۳۱).

برنامه تمرین مقاومتی

پس از انجام ارزیابی‌های اولیه در گروه‌های آزمایشی، یک برنامه تمرینی منظم برای مدت هشت هفته و با سه جلسه در هفته طراحی شد. این برنامه با ۱۵ دقیقه گرم کردن شامل حرکات هوازی سبک آغاز شده و سپس شش حرکت اصلی مقاومتی با دقت و تمرکز اجرا می‌شود. در پایان هر جلسه، ۱۰ دقیقه به تمرینات کششی ملایم اختصاص یافته تا بدن به تدریج سرد شود (۳۲). شدت تمرینات به‌صورت مرحله‌ای و بر اساس اصل اضافه بار افزایش پیدا می‌کند. در هفته نخست، تمرینات با شدت ۴۰ درصد از یک تکرار بیشینه (RM۱)[2] آغاز می‌شود و شامل دو ست با ۱۰ تا ۱۲ تکرار است. این روند تا پایان هفته دوم ادامه دارد. در هفته سوم، شدت تمرینات به ۴۵ درصد، در هفته چهارم به ۵۰ درصد، در هفته پنجم به ۶۰ درصد و در هفته ششم به ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه می‌رسد. درنهایت، در هفته‌های هفتم و هشتم، شدت تمرینات به ۷۵ درصد 1RM افزایش می‌یابد و تمرینات در قالب سه ست هشت تکراری اجرا می‌شود (جدول ۲).

1. Elisa
2. One-Repetition Maximum

برای محاسبه مقدار یک تکرار بیشینه (1RM)، از فرمول بارزکی بهره گرفته شد تا قدرت عضلانی شرکت‌کنندگان به طور دقیق ارزیابی شده و تصویر شفافی از سطح توانایی آن‌ها ارائه شود. فرمول محاسبه یک تکرار بیشینه (1RM) به شرح زیر است (۳۳):

$$1\,RM = \frac{0.0278 - (0.0278 \times)}{kg}$$

برنامه تمرین استقامتی

تمرینات استقامتی با شدت ۴۰ درصد از حداکثر ضربان قلب، که این مقدار با استفاده از فرمول «۲۲۰ منهای سن» محاسبه می‌شود، روی تردمیل با شیب صفر درصد آغاز شد.

این برنامه تمرینی شامل ۱۵ دقیقه گرم کردن با حرکات نرم و هوازی، بخش اصلی تمرین روی تردمیل، و در پایان ۱۰ دقیقه سرد کردن است. در هفته نخست، تمرین با شدت ۴۰ درصد حداکثر ضربان قلب به مدت ۱۶ دقیقه اجرا می‌شود و در هفته دوم این مدت به ۲۴ دقیقه افزایش می‌یابد. در هفته‌های بعد، شدت تمرین به ترتیب به ۴۵، ۵۰، ۵۵، ۶۰، ۶۵ و نهایتاً ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب در هفته هشتم افزایش می‌یابد و مدت زمان حفظ این شدت به ۳۲ دقیقه می‌رسد (۳۴).

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ تجزیه و تحلیل شدند. ابتدا برای بررسی توزیع طبیعی داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک[1] استفاده شد. برای مقایسه تغییرات درون‌گروهی (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) از آزمون تی وابسته و برای مقایسه تفاوت‌های بین‌گروهی از تحلیل واریانس چندمتغیره (مانوا) و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. سطح معناداری در تمام محاسبات P<۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج

نتایج آزمون شاپیرو-ویلک نشان داد که توزیع تمامی داده‌های مربوط به شاخص‌های لیپیدی و آپولیپوپروتئین A-1 در هر سه گروه تحقیق نرمال بود (P>۰/۰۵)؛ بنابراین از آزمون‌های پارامتریک برای تحلیل یافته‌ها استفاده شد. ویژگی‌های جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها در جدول (۱) ارائه شده است.

نتایج درج‌شده در جدول (۱) نشان‌دهنده تأثیر معنادار مداخلات تمرینات مقاومتی و استقامتی بر ترکیب بدن و گلوکز ناشتا شرکت‌کنندگان است. براساس نتایج، در گروه‌های مقاومتی و استقامتی کاهش معناداری در وزن، شاخص توده بدنی (BMI)، نسبت دور کمر به باسن (WHR) و قندخون ناشتا پس از مداخلات مشاهده شد (P<۰/۰۵)؛ در حالی که در گروه کنترل تغییرات درخورتوجهی دیده نشد. این نتایج نشان می‌دهد که برنامه‌های تمرینی مذکور بر بهبود شاخص‌های سلامت متابولیک و ترکیب بدنی مؤثر هستند.

[1]. Shapiro-Wilk

جدول ۱- میانگین و انحراف استاندارد ویژگی‌های دموگرافیک و شاخص‌های آنتروپومتریک آزمودنی ها

Table 1- Mean ± SD of demographic and anthropometric characteristics of subjects

متغیر Variable	گروه Group	پیش‌آزمون Pre-test	پس‌آزمون Post-test	مقدار معناداری (درون‌گروهی) P-Value(within group)
سن Age (years)	مقاومتی | Resistance	51.14±6.70	-	-
	استقامتی | Endurance	50.20±7.95	-	-
	کنترل | Control	49.27±8.22	-	-
قد Height (cm)	مقاومتی | Resistance	157.57±4.57	-	-
	استقامتی | Endurance	158.33±6.34	-	-
	کنترل | Control	154.86±6.66	-	-
وزن Weight (kg)	مقاومتی | Resistance	75.67±11.66	65.91±8.14	<0.001
	استقامتی | Endurance	69.99±13.26	64.88±10.23	0.002
	کنترل | Control	70.93±7.80	70.81±7.63	0.85
شاخص توده بدنی BMI (kg/m²)	مقاومتی | Resistance	30.41±3.80	27.94±3.13	<0.001
	استقامتی | Endurance	29.10±6.01	28.04±5.64	0.04
	کنترل | Control	30.01±3.89	29.82±4.11	0.40
نسبت دور کمر به لگن WHR	مقاومتی | Resistance	0.91±0.04	0.86±0.05	0.01
	استقامتی | Endurance	0.88±0.07	0.58±0.01	0.03
	کنترل | Control	0.87±0.37	0.86±0.03	0.67
قندخون ناشتا Fasting blood glucose (mg/dL)	مقاومتی | Resistance	149.14±26.32	136.29±15.62	0.005
	استقامتی | Endurance	147.29±27.57	131.71±22.26	0.003
	کنترل | Control	194.29±37.79	178.14±32.61	0.07

جدول ۲- نتایج تحلیل واریانس چندمتغیره (مانوا) برای مقادیر متغیرها پس از مداخله

Table 2- Results of Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) for post-intervention values

متغیر | Variable	مقدار p | Sig	اندازه اثر | Effect Size
قندخون ناشتا پس‌آزمون | Fasting blood glucose post-test	0.01	0.44
وزن پس‌آزمون | Weight post-test	0.48	0.11
BMI پس‌آزمون | BMI post-test	0.03	0.34
WHR پس‌آزمون | WHR post-test	0.19	0.20
تری‌گلیسیرید پس‌آزمون | Triglyceride post-test	0.03	0.35
کلسترول پس‌آزمون | Total cholesterol post-test	0.15	0.22
انسولین پس‌آزمون | Insulin post-test	0.042	0.10
هموگلوبینA1c پس‌آزمون | HbA1c post-test	0.61	0.61
آپولیپوپروتئینA1 پس‌آزمون | Apolipoprotein A1 post-test	0.62	0.08

بر اساس نتایج ارائه‌شده در جدول (۲)، تحلیل واریانس چندمتغیره (مانوا) برای مقادیر پس از مداخله متغیرهای متابولیک نشان داد که قندخون ناشتا (FBS-post) تفاوت معناداری بین گروه‌ها پس از مداخله داشت (η^2=۰/۴۴، P=۰/۰۱، F=۴/۰۲) که بیانگر تأثیر درخورتوجه مداخلات بر کنترل قندخون ناشتا است. درباره شاخص توده بدنی (BMI-post)، تفاوت معناداری بین گروه‌ها مشاهده شد (η^2=۰/۳۴، P=۰/۰۳، F=۳/۴۵) که نشان‌دهنده اثربخشی نسبی مداخلات بر کاهش BMI است. تری‌گلیسرید (TG-post) نیز پس از مداخله کاهش معناداری را بین گروه‌ها نشان داد (η^2=۰/۳۵، P=۰/۰۳، F=۳/۶۲) که حاکی از تأثیر مثبت مداخلات بر بهبود پروفایل لیپیدی شرکت‌کنندگان است؛ با این حال، سایر متغیرها ازجمله وزن بدن (Weight-post)، نسبت دور کمر به دور باسن (WHR-post)، کلسترول (CHOL-post)، انسولین (INSULIN-post) و هموگلوبین گلیکوزیله (HbA1c-post) تفاوت معناداری بین گروه‌ها نداشتند (P>۰/۰۵) که این موضوع می‌تواند ناشی از مدت‌زمان مداخله، شدت برنامه یا ویژگی‌های جمعیت مطالعه‌شده باشد. درخصوص شاخص (APOA1-post)، نتایج نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه‌ها پس از مداخله مشاهده نشد (η^2=۰/۰۸، P=۰/۶۲، F=۰/۵۹). این یافته بیانگر آن است که مداخلات انجام‌شده در این مطالعه تأثیر محسوسی بر سطح APOA1 نداشتند. با توجه به نقش کلیدی APOA1 به‌عنوان یکی از اجزای اصلی لیپوپروتئین‌های با چگالی بالا (HDL) و اهمیت آن در متابولیسم چربی‌ها و پیشگیری از بیماری‌های قلبی‌عروقی، مشاهده نشدن تغییر معنادار در این شاخص می‌تواند به عوامل مختلفی ازجمله مدت‌زمان مداخله، شدت برنامه یا ویژگی‌های جمعیت مطالعه‌شده مرتبط باشد؛ بنابراین برای ارزیابی دقیق‌تر اثر مداخلات بر APOA1 و سایر شاخص‌های متابولیک، انجام مطالعات با نمونه‌های بزرگ‌تر و دوره‌های مداخله طولانی‌تر توصیه می‌شود. به طور کلی، یافته‌ها نشان می‌دهد که مداخلات به‌کاررفته در مطالعه حاضر توانستند برخی شاخص‌های متابولیک کلیدی ازجمله قندخون ناشتا، شاخص توده بدنی و تری‌گلیسرید را به طور معناداری بهبود بخشند؛ در حالی که تأثیر آن‌ها بر سایر شاخص‌ها نیازمند بررسی‌های بیشتر و انجام مداخلات طولانی‌تر است.

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های این مطالعه نشان داد که هر دو نوع مداخله تمرینی (مقاومتی و استقامتی) پس از هشت هفته، موجب بهبود معنادار قندخون ناشتا (FBS)، شاخص توده بدنی (BMI) و تری‌گلیسرید (TG) در زنان مبتلا به دیابت نوع دو شد؛ در حالی که تغییرات معناداری در وزن بدن، نسبت دور کمر به باسن (WHR)، کلسترول تام، انسولین و HbA1c مشاهده نشد. این نتایج بیانگر اثربخشی نسبی مداخلات تمرینی ساختاریافته بر برخی شاخص‌های متابولیک کلیدی بیماران دیابتی زن است. مطالعه حاضر با نتایج بسیاری از پژوهش‌های پیشین همسوست؛ به عنوان مثال، نتایج مطالعه میلر و همکاران (۳۵) با یافته‌های مطالعه حاضر از نظر اثربخشی تمرینات مقاومتی در بهبود شاخص‌های سلامت در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ همسوست. میلر و همکاران نشان دادند که مشارکت طولانی‌مدت در تمرینات مقاومتی پیش‌رونده (PRT) می‌تواند به بهبود برخی نشانگرهای التهابی ازجمله کاهش TNF-α و افزایش آدیپونکتین، در بزرگسالان مسن مبتلا به دیابت نوع ۲ منجر شود. این یافته‌ها با نتایج مطالعه حاضر که اثربخشی تمرینات مقاومتی را بر بهبود شاخص‌های متابولیک نظیر قندخون ناشتا، تری‌گلیسرید و شاخص توده بدنی در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲

نشـــان داد، همخوانی دارد. هر دو مطالعه بر نقش کلیدی تمرینات مقاومتی ســـاختاریافته در مدیریت غیردارویی دیابت نوع ۲ تأکید دارند و نشـان می‌دهند که این نوع مداخله می‌تواند بهبود معناداری را در وضـعیت سـلامت بیماران دیابتی ایجاد کند؛ هرچند مطالعه میلر و همکاران عمدتاً بر شاخص‌های التهابی و مطالعه حاضر بر شاخص‌های متابولیک تمرکز داشـت. این همسـویی شـواهد بیشـتری در حمایت از گنجاندن تمرینات مقاومتی در برنامه‌های درمانی بیماران دیابتی فراهم می‌کند (۳۵).

همچنین بقا احمدتی و همکاران اثربخشی هشت هفته تمرین استقامتی (ET) و مقاومتی (RT) را بر پروفایل لیپیدی و وضعیت آنتروپومتریک و ترکیب بدن در زنان جوان سالم بررسی کردند. نتایج نشان داد که هر دو نوع تمرین به بهبود معنادار شـاخص‌های خطر قلبی‌عروقی ازجمله کلسـترول تام، HDL، LDL، تری‌گلیسـرید و ترکیب بدن منجر شـد و تفاوت معناداری بین تأثیر تمرینات اســتقامتی و مقاومتی مشـــاهده نشـــد (۳۶). این یافته‌ها با نتایج مطالعه حاضـــر همســـوســـت؛ یعنی هر دو پژوهش نشـــان می‌دهند که تمرینات اســـتقامتی و مقاومتی، هر دو، می‌توانند در بازه زمانی هشـــت‌هفته‌ای بهبود درخورتوجهی در پروفایل لیپیدی و ترکیب بدن ایجاد کنند، بدون آنکه تفاوت معناداری بین اثربخشی این دو نوع تمرین مشاهده شود. این همسویی نشان می‌دهد که انتخاب نوع تمرین (استقامتی یا مقاومتی) می‌تواند براساس ترجیحات فردی، شرایط جسمانی و اهداف درمانی انجام شود؛ زیرا هر دو روش در بهبود شاخص‌های متابولیک و آنتروپومتریک زنان مؤثر هستند. همچنین هر دو مطالعه اهمیت طراحی برنامه تمرینی متناسب با وضعیت پایه شرکت‌کنندگان و رعایت اصول بارگذاری تدریجی را تأیید می‌کنند که می‌تواند نقش کلیدی در اثربخشی مداخلات ورزشـــی ایفا کند (۳۶). افزون بر این، مطالعه اوی و همکاران (۳۷) و مطالعه حاضـــر از نظر تأثیر تمرینات مقاومتی بر کنترل قندخون همســـو هســـتند؛ به طوری که هر دو پژوهش بهبود معنادار قندخون ناشـــتا را پس از مداخله گزارش کردند، اما از نظر تأثیر بر پروفایل لیپیدی ناهمسو هستند؛ زیرا در مطالعه حاضر کاهش معنادار تری‌گلیسرید مشاهده شد؛ در حالی که در مطالعه اوی و همکاران هیچ تغییر درخورتوجهی در پروفایل لیپیدی گزارش نشد. همچنین هر دو مطالعه درمورد شاخص توده بدنی (BMI) نتایج همسو ارائه کردند و کاهش معناداری را پس از مداخله نشان دادند، اما در سایر شاخص‌ها مانند کلسترول، انسولین و HbA1c مطالعه حاضر تفاوت معناداری بین گروه‌ها نیافت؛ در حالی که مطالعه اوی و همکاران بهبودی درخورتوجهی را در HbA1c گزارش کرد (۳۷)؛ این ناهمســـویی می‌تواند به دلیل تفاوت در جمعیت مطالعه‌شـده، مدت و نوع مداخله باشـد. مطالعه پارک و همکاران (۳۸) و مطالعه حاضـر از نظر تأثیر تمرینات مقاومتی با شدت بالا بر کاهش قندخون ناشتا همسو هستند؛ زیرا هر دو پژوهش نشان دادند که شدت بالاتر تمرین مقاومتی می‌تواند بهبود بیشـــتری در کنترل گلوکز ایجاد کند. همچنین هر دو مطالعه بر اثربخشـــی نســـبی مداخلات تمرینی بر کاهش شاخص توده بدنی (BMI) تأکید دارند که بیانگر همسویی در بهبود ترکیب بدن است، اما از نظر تأثیر بر تری‌گلیســـرید و پروفایل لیپیدی ناهمســـو هســـتند؛ به طوری که در مطالعه حاضـــر کاهش معنادار تری‌گلیسرید مشاهده شد؛ در حالی که در مطالعه پارک و همکاران تفاوتی در TG بین گروه‌ها گزارش نشد و تمرینات اســـتقامتی در مقایســـه با تمرینات مقاومتی در بهبود HDL-C مؤثرتر بودند. همچنین در مطالعه پارک و همکاران، تمرین استقامتی با شدت بالا موجب کاهش بیشتر HbA1c و LDL-C شد (۳۸)؛ در حالی که در مطالعه حاضر تغییر

معناداری در HbA1c و LDL گزارش نشـد؛ بنابراین نتایج دو مطالعه از نظر کنترل قندخون و BMI همسـوسـت و از نظر پاسخ پروفایل لیپیدی، به‌ویژهTG و HbA1c ناهمسوست (۳۸). به‌علاوه مقایسه نتایج مطالعه حاضر با پژوهش آن و کیم (۳۹) نشان می‌دهد که یافته‌ها درخصوص شاخص APOA1 همسو نیست. در مطالعه آن و کیم، تمرین مقاومتی پویا به مدت شش ماه در زنان سالمند به افزایش معنادار سطح ApoA-1 منجر شد که با بهبود شاخص‌های التهابی و آنتی‌اکسـیدانی نیز همراه بود؛ این در حالی اسـت که در مطالعه حاضـر، مداخلات انجام‌شـده تأثیر معناداری بر سـطح APOA1نداشت (۳۹). این ناهمسویی می‌تواند ناشی از تفاوت در نوع، شدت و مدت‌زمان مداخله، جمعیت مطالعه‌شده (زنان سـالمند درمقابل جمعیت عمومی یا بیماران خاص) یا تفاوت‌های زمینه‌ای در وضـعیت سـلامت شـرکت‌کنندگان باشـد. همچنین مدت‌زمان طولانی‌تر مداخله و تمرکز بر تمرینات مقاومتی پویا در پژوهش آن و کیم ممکن اسـت نقش کلیدی در مشـاهده تغییرات معنادار در سـطح APOA1 داشـته باشـد؛ بر این اسـاس، به نظر می‌رسـد برای دسـتیابی به تغییرات معنادار در شـاخص‌هایی مانند APOA1، برنامه‌های ورزشـی باید با شـدت، مدت و سـاختار مناسـب‌تری طراحی شـوند و جمعیت هدف نیز به‌دقت انتخاب شـود تا اثرات مطلوب حاصـل شـود. همچنین یافته‌های مطالعه شـکور و همکاران نشـان می‌دهد که تمرین مقاومتی سـاختارمند و با شـدت کافی می‌تواند به طور معناداری سـطح ApoA-I و سایر شاخص‌های التهابی و لیپیدی را بهبود بخشد (۲۶)؛ در حالی که در مطالعه حاضر، چنین اثری مشاهده نشد. این تفاوت‌ها بر اهمیت طراحی دقیق پروتکل‌های ورزشی، مدت و شـدت مداخله و انتخاب جمعیت هدف در مطالعات آینده تأکید می‌کند تا بتوان به نتایج تعمیم‌یافتنی و اثربخش در بهبود شاخص‌های متابولیک و قلبی‌عروقی دست یافت.

مطالعه حاضر نشان داد که هر دو نوع تمرین مقاومتی و اسـتقامتی طی هشت هفته می‌توانند به طور معناداری قندخون ناشـتا، شاخص توده بدنی و تری‌گلیسـرید را در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ بهبود بخشـند، اما تأثیر معناداری بر کلسـترول تام و آپولیپوپروتئین A-1 نداشـتند. این یافته‌ها بر اهمیت به‌کارگیری مداخلات ورزشـی سـاختاریافته به‌عنوان بخشـی از راهبردهای غیردارویی مدیریت دیابت نوع ۲ در زنان تأکید دارد و نشان می‌دهد که انتخاب نوع تمرین می‌تواند براساس ترجیحات و شرایط فردی انجام شود.

پیام مقاله

دیابت نوع ۲ با ایجاد بارهای درخورتوجه متابولیک و قلبی‌عروقی، به‌ویژه در جمعیت زنان، یکی از مهم‌ترین معضـلات سـلامت عمومی به شـمار می‌رود. نتایج پژوهش حاضـر نشـان داد که اجرای مداخلات سـاختاریافته تمرینات مقاومتی و اسـتقامتی به صـورت نظام‌مند طی هشـت هفته، به بهبود معنادار شـاخص‌های انسـان‌سـنجی (وزن، شـاخص توده بدنی و نسـبت دور کمر به دور باسـن)، متغیرهای گلیسـمی (قندخون ناشـتا) و پروفایل‌های لیپیدی (تری‌گلیسـریدها) در زنان دیابتی کم‌تحرک منجر شد. هر دو نوع مداخله تمرینی منافع فیزیولوژیک چشمگیری به همراه داشتند؛ با این تفاوت که تمرینات مقاومتی بیشترین اثر را بر کاهش ترکیب بدنی نشان دادند؛ در حالی‌که تمرینات استقامتی تأثیرات مشابهی بر کنترل قندخون اعمال کردند. این یافته‌ها بر نقش اسـاسـی و غیردارویی فعالیت بدنی سـاختاریافته را در بهبود شـاخص‌های متابولیک و مدیریت دیابت نوع ۲ تأکید می‌کند؛ ازاین‌رو توصـیه می‌شـود متخصـصـان بالینی با توجه به

ترجیحات فردی، ظرفیت عملکردی و وضعیت همبودی بیماران، برنامه‌های تمرینی شخصی‌سازی‌شده‌ای را طراحی و تجویز کنند تا تبعیت بیماران از برنامه و کارایی درمانی افزایش یابد. ادغام مداخلات تمرینی ساختاریافته در مسیرهای مراقبت از دیابت می‌تواند موجب بهینه‌سازی کنترل متابولیک و کاهش مرگ‌ومیر زودرس ناشی از عوارض قلبی‌عروقی شود.

ملاحظات اخلاقی

مطالعه حاضر توسط کمیته اخلاق دانشگاه محقق اردبیلی با کد اخلاق IR.UMA.REC.1403.061 تأیید و با شماره IRCT20250405065220N1 در مرکز کارآزمایی بالینی ایران ثبت شده است.

مشارکت نویسندگان

ایده‌پردازی: رضا فرضی‌زاده

جمع‌آوری داده‌ها: باقر شجاع انزابی

تحلیل داده‌ها: فرناز سیفی اسگ-شهر

نگارش مقاله: باقرشجاع انزابی

بازبینی و ویرایش: رضا فرضی‌زاده

مرور ادبیات: افشین نجاتی افخم

مدیر پروژه: رضا فرضی‌زاده

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

صمیمانه از همه افرادی که در تکمیل موفقیت‌آمیز این پژوهش مشارکت داشتند، به‌ویژه شرکت‌کنندگان محترم مطالعه و متخصصان ارجمند آزمایشگاه، قدردانی می‌کنیم. همکاری ارزشمند و حمایت بی‌وقفه شما نقشی حیاتی در پیشبرد و به سرانجام رساندن این تحقیق ایفا کرد. مراتب سپاس قلبی خود را بابت تعهد و اهتمام شما در طول این مسیر تحقیقاتی ابراز می‌کنیم.

منابع

1. Regufe VM, Pinto CM, Perez PM. Metabolic syndrome in type 2 diabetic patients: a review of current evidence. Porto Biomedical Journal. 2020;5(6):e101. https://doi.org/10.1097/j.pbj.0000000000000101
2. Janssen JA. Hyperinsulinemia and its pivotal role in aging, obesity, type 2 diabetes, cardiovascular disease and cancer. International Journal of Molecular Sciences. 2021;22(15):7797. https://doi.org/10.3390/ijms22157797
3. Shahwan MJ, Jairoun AA, Farajallah A, Shanabli S. Prevalence of dyslipidemia and factors affecting lipid profile in patients with type 2 diabetes. Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews. 2019;13(4):2387-92. https://doi.org/10.1016/j.dsx.2019.06.009

4. Quispe R, Manalac RJ, Faridi KF, Blaha MJ, Toth PP, Kulkarni KR, et al. Relationship of the triglyceride to high-density lipoprotein cholesterol (TG/HDL-C) ratio to the remainder of the lipid profile: The Very Large Database of Lipids-4 (VLDL-4) study. Atherosclerosis. 2015;242(1):243-50. https://doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2015.06.057
5. Mancuso E, Mannino GC, Fuoco A, Leo A, Citraro R, Averta C, et al. HDL (high-density lipoprotein) and apoa-1 (apolipoprotein a-1) potentially modulate pancreatic α-cell glucagon secretion. Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology. 2020;40(12):2941-52. https://doi: 10.1161/atvbaha.120.314640
6. Wu X, Yu Z, Su W, Isquith DA, Neradilek MB, Lu N, et al. Low levels of ApoA1 improve risk prediction of type 2 diabetes mellitus. Journal of Clinical Lipidology. 2017;11(2):362-8. https://doi: 10.1016/j.jacl.2017.01.009
7. Shoja B, Ghasemzadeh S, Farzizadeh R. A Systematic Review of the Effects of Aerobic, Resistance, Endurance, and Combined Exercises on Fatty Liver. Journal of Sport Physiology Special Groups. 2025;2(1). https://doi:10.22098/epsp.2025.16963.1052. [In Persian].
8. Almutairi AH, Almutairi NS, Mousa N, Elsayed A, El-Sehrawy A, Elmetwalli A. Aerobic exercise as a non-pharmacological intervention for improving metabolic and hemodynamic profiles in type 2 diabetes. Irish Journal of Medical Science. 2024:1-10. https://doi: 10.1007/s11845-024-03783-6
9. Scott BR, Duthie GM, Thornton HR, Dascombe BJ. Training monitoring for resistance exercise: theory and applications. Sports Medicine. 2016;46:687-98. https://doi: 10.1007/s40279-015-0454-0
10. Toshboyeva M. Wellness exercises for human endurance development. Web of Scientist: International Scientific Research Journal. 2022;3(4):1214-20. https://doi.org/10.17605/OSF.IO/J523H
11. Doewes RI, Gharibian G, Zaman BA, Akhavan-Sigari R. An updated systematic review on the effects of aerobic exercise on human blood lipid profile. Current Problems in Cardiology. 2023;48(5):101108. https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2022.101108. [In Persian].
12. Muscella A, Stefàno E, Marsigliante S. The effects of exercise training on lipid metabolism and coronary heart disease. American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology. 2020;319(1):H76-H88. https://doi.org/10.1152/ajpheart.00708.2019
13. Franczyk B, Gluba-Brzózka A, Ciałkowska-Rysz A, Ławiński J, Rysz J. The impact of aerobic exercise on HDL quantity and quality: a narrative review. International Journal of Molecular Sciences. 2023;24(5):4653. https://doi.org/10.3390/ijms24054653
14. van Hall G. The physiological regulation of skeletal muscle fatty acid supply and oxidation during moderate-intensity exercise. Sports Medicine. 2015;45(Suppl 1):23-32. https://doi.org/10.1007/s40279-015-0394-8
15. Martins FM, de Paula Souza A, Nunes PRP, Michelin MA, Murta EFC, Resende EAMR, et al. High-intensity body weight training is comparable to combined training in changes in muscle mass, physical performance, inflammatory markers and metabolic health in postmenopausal women at high risk for type 2 diabetes mellitus: a randomized controlled clinical trial. Experimental Gerontology. 2018;107:108-15. https://doi.org/0.1016/j.exger.2018.02.016
16. Fritzen AM, Domingo-Espín J, Lundsgaard A-M, Kleinert M, Israelsen I, Carl CS, et al. ApoA-1 improves glucose tolerance by increasing glucose uptake into heart and skeletal muscle independently of AMPKα2. Molecular Metabolism. 2020;35:100949. https://doi.org/10.1016/j.molmet.2020.01.013
17. Ahn N, Kim K. Can active aerobic exercise reduce the risk of cardiovascular disease in prehypertensive elderly women by improving HDL cholesterol and inflammatory markers? International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020;17(16):5910. https://doi.org/10.3390/ijerph17165910
18. Kautzky-Willer A, Harreiter J, Pacini G. Sex and gender differences in risk, pathophysiology and complications of type 2 diabetes mellitus. Endocrine Reviews. 2016;37(3):278-316. https://doi.org/10.1210/er.2015-1137

19. Kautzky-Willer A, Leutner M, Harreiter J. Sex differences in type 2 diabetes. Diabetologia. 2023;66(6):986-1002. https://doi.org/10.1007/s00125-023-05891-x
20. Amanat S, Ghahri S, Dianatinasab A, Fararouei M, Dianatinasab M. Exercise and type 2 diabetes. Physical Exercise for Human Health. 2020:91-105. https://doi.org/10.1007/978-981-15-1792-1_6. [In Persian].
21. Zhou Y, Wu W, Zou Y, Huang W, Lin S, Ye J, et al. Benefits of different combinations of aerobic and resistance exercise for improving plasma glucose and lipid metabolism and sleep quality among elderly patients with metabolic syndrome: a randomized controlled trial. Endocrine Journal. 2022;69(7):819-30. https://doi.org/10.1507/endocrj.ej21-0589
22. Shabani R, Jalali Z, Nazari M. Effects of concurrent strength and aerobic training on blood glucose homeostasis and lipid profile in females with overweight and obesity. Zahedan Journal of Research in Medical Sciences. 2018;20(4). https://doi.org/10.5812/zjrms.13746 . [In Persian].
23. Jenkins AL, Morgan LM, Bishop J, Jovanovski E, Jenkins DJ, Vuksan V. Co-administration of a konjac-based fibre blend and American ginseng (Panax quinquefolius L.) on glycaemic control and serum lipids in type 2 diabetes: A randomized controlled, cross-over clinical trial. European Journal of Nutrition. 2018;57:2217-25. https://doi.org/10.1007/s00394-017-1496-x
24. Ghodrat L, Razeghian Jahromi I, Koushkie Jahromi M, Nemati J. Effect of performing high-intensity interval training and resistance training on the same day vs. different days in women with type 2 diabetes. European Journal of Applied Physiology. 2022;122(9):2037-47. https://doi.org/10.1007/s00421-022-04980-w [In Persian].
25. Gordon B, Chen S, Durstine JL. The effects of exercise training on the traditional lipid profile and beyond. Translational Journal of the American College of Sports Medicine. 2016;1(18):159-64. https://doi.org/10.1249/jsr.0000000000000073
26. Shakoor E, Qassemian A, Shams S, Amani-Shalamzari S. The effect of eight weeks of circuit resistance training on Apo-B/A ratio and inflammatory status of sedentary postmenopausal women. Comparative Exercise Physiology. 2024;21(1):33-42. https://doi:10.1163/17552559-00001065 [In Persian].
27. Alghannam AF, Ghaith MM, Alhussain MH. Regulation of energy substrate metabolism in endurance exercise. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021;18(9):4963. https://doi.org/10.3390/ijerph18094963
28. Di Meo S, Iossa S, Venditti P. Improvement of obesity-linked skeletal muscle insulin resistance by strength and endurance training. Journal of Endocrinology. 2017;234(3):R159-R81. https://doi.org/10.1530/joe-17-0186
29. Tofighi A, Rahmani F, Qarakhanlou BJ, Babaei S. The effect of regular aerobic exercise on reverse cholesterol transport A1 and apo lipoprotein aI gene expression in inactive women. Iranian Red Crescent Medical Journal. 2015;17(4):e26321. https://doi.org/10.5812/ircmj.17(4)2015.26321 [In Persian].
30. Mazur A, Zachurzok A, Baran J, Dereń K, Łuszczki E, Weres A, et al. Childhood obesity: position statement of polish society of pediatrics, polish society for pediatric obesity, polish society of pediatric endocrinology and diabetes, the college of family physicians in Poland and polish association for study on obesity. Nutrients. 2022;14(18):3806. https://doi.org/10.3390/nu14183806
31. Gao L, Zhang Y, Wang X, Dong H. Association of apolipoproteins A1 and B with type 2 diabetes and fasting blood glucose: a cross-sectional study. BMC Endocrine Disorders. 2021;21(1):59. https://doi.org/10.1186/s12902-021-00726-5
32. Libardi CA, De Souza GV, Cavaglieri CR, Madruga VA, Chacon-Mikahil MP. Effect of resistance, endurance, and concurrent training on TNF-α, IL-6, and CRP. Med Sci Sports Exerc. 2012;44(1):50-6. https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318229d2e9
33. Polotow TG, Souza-Junior TP, Sampaio RC, Okuyama AR, Ganini D, Vardaris CV, et al. Effect of 1 repetition maximum, 80% repetition maximum, and 50% repetition maximum strength exercise in

trained individuals on variations in plasma redox biomarkers. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2017;31(9):2489-97. https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001703

34. Reed JL, Pipe AL. Practical approaches to prescribing physical activity and monitoring exercise intensity. Canadian Journal of Cardiology. 2016;32(4):514-22. https://doi.org/10.1016/j.cjca.2015.12.024
35. Miller EG, Sethi P, Nowson CA, Dunstan DW, Daly RM. Effects of progressive resistance training and weight loss versus weight loss alone on inflammatory and endothelial biomarkers in older adults with type 2 diabetes. European Journal of Applied Physiology. 2017;117:1669-78. https://doi.org/10.1007/s00421-017-3657-2
36. Beqa Ahmeti G, Idrizovic K, Elezi A, Zenic N, Ostojic L. Endurance training vs. Circuit resistance training: Effects on lipid profile and anthropometric/body composition status in healthy young adult women. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020;17(4):1222. https://doi.org/10.3390/ijerph17041222
37. Ooi TC, Mat Ludin AF, Loke SC, Fiatarone Singh MA, Wong TW, Vytialingam N, et al. A 16-week home-based progressive resistance tube training among older adults with type-2 diabetes mellitus: effect on glycemic control. Gerontology and Geriatric Medicine. 2021;7. https://doi.org/10.1177/23337214211038789
38. Park C-H, Woo J-H, Roh H-T, Shin K-O, Kim D-Y, Yoon B-K. The effects of different intensity endurance and resistance exercise on diabetic-related blood profiles in impaired glucose tolerance mice. Journal of the Korean Applied Science and Technology. 2020;37(3):571-81. https://doi.org/10.12925/jkocs.2020.37.3.571
39. Ahn N, Kim K, editors. Dynamic resistance exercise alters blood apoa-i levels, inflammatory markers, and metabolic syndrome markers in elderly women. Healthcare; 2022: MDPI. https://doi.org/10.3390/healthcare10101982

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی