University of Birjand

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport Research Paper

Spring 2025, 13(33), 78-91

Received: Jan 07, 2024 Revised: Apr 24, 2024 Accepted: Apr 25, 2024

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport

The effect of progressive aerobic exercise and synbiotic supplementation on arterial stiffness and C-reactive protein in postmenopausal women with type II diabetes

Zahra Yavarpanah[1], Ali Hasani[2*], Masoumeh Ghorbani[3]

1. Master's Student in Exercise physiology, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran.

2. Associate Professor at Departeman of Exrecise Physiology, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Shahrood University of technology, Shahrood, Iran.

3. Instructor at Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Shahrood University of technology, Shahrood, Iran.

Extended Abstract

Background and Aim: Type II diabetes is characterized by several pathophysiological components, including insulin resistance, defective insulin secretion, obesity, increased glucagon secretion, and dyslipidemia (2). Multiple complications of diabetes, especially peripheral and central arterial stiffness, are concerning for diabetic patients (4). Various methods are used to measure arterial stiffness the cardio-ankle vascular index (CAVI) is a new metric that estimates the stiffness of the entire artery from the aortic origin to the ankle and is able to indicate the risk of atherosclerosis (9). Research has shown that CAVI increases linearly with aging in healthy individuals, and this index has been reported to be higher in diabetic patients compared to healthy counterparts (11). The ankle-brachial index (ABI) is another index used to assess peripheral arterial stiffness. C-reactive protein (CRP), as an inflammatory marker, can directly affect the pathogenesis of atherosclerosis. This protein is recognized as the most sensitive and strongest inflammatory indicator and predictor of cardiovascular disease in diabetics. Since the use of supplements and exercise training to improve arterial stiffness, eliminate metabolic disorders, and treat diabetes has become widespread, the aim of the present study was to investigate the effect of aerobic exercise and synbiotic supplementation on arterial stiffness and CRP levels in postmenopausal women with type II diabetes.

Materials and Methods: The present study was a semi-experimental, single-blind study with a pre-test and post-test design. In this semi-experimental study, 39 women with type II diabetes were randomly divided into three groups: aerobic

Cite this article:
Yavarpanah Z, Hasani A, Ghorbani M. The effect of progressive aerobic exercise and synbiotic supplementation on arterial stiffness and C-reactive protein in postmenopausal women with type II diabetes. Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport. 2025;13(33): 78-91.

***Corresponding Author Address: Departeman of Exrecise Physiology, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Shahrood University of technology, Shahrood, Iran;**
Email: hassani_3@shahroodut.ac.ir

https://doi.org/10.22077/jpsbs.2024.7139.1848

Copyright: © 2025 by the authors. Licensee **Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport (JPSBS)**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

exercise + placebo, aerobic exercise + synbiotic supplement, and synbiotic supplement. The exercise program was performed with an intensity of 40 to 70 heart rate reserve, progressively increasing over 12 weeks (23). The subjects in the supplement group consumed one capsule of the synbiotic Bacant (1×109 CFU) one hour after lunch (22). The research indicators including CAVI, ABI, CRP, fasting blood sugar, plasma insulin level, insulin resistance index (HOMA-IR), body mass index (BMI), and body fat percentage were measured 48 hours before and after the intervention. For anthropometric measurements and body composition (weight, BMI, body fat percentage), the In Body 230 body composition measuring device made in Korea was used. The height of the subjects was measured in centimeters using a height gauge. Blood samples for measuring CRP, fasting blood sugar, and plasma insulin levels were collected after at least 10 hours of fasting. A five cc blood sample was drawn from the brachial vein while the subjects were seated, by a laboratory expert. Then, the samples were placed at room temperature for 20 minutes allow clotting. Subsequently, the tubes containing the samples were centrifuged for 20 minutes at 3000 rpm, and the separated serum was stored in a separate microtube at a temperature of -80 degrees celsius. CRP levels were measured using an ELISA method with a special kit from Monobind company, made in China, with a sensitivity of 0.2 µg/ml. Plasma insulin levels were measured by sandwich ELISA using an ELISA reader manufactured in the United States. Blood sugar levels were calculated using an enzymatic-calorimetric method, employing the glucose oxidase enzyme method using a kit from Pars Azmoun company and using a biochemistry autoanalyzer. Additionally, the arterial stiffness test was performed under standard conditions (room temperature 22°C with minimizing stimuli) using the Vasera-VS-2000 system (Fukuda Denshi Company, Japan) between 9 am and 12 AM. A paired t-test was used for intragroup comparison, whileone-way analysis of variance was used to compare changes between-group at a significance level of $p<0.05$.

Findings: After the intervention, ABI significantly increased in both the aerobic exercise + placebo group ($p=0.03$) and the aerobic exercise + synbiotic supplement group ($p=0.02$) compared to the pre-test. Additionally, the CAVI showed significant decrease in the aerobic exercise + placebo group ($p=0.002$) and the aerobic exercise + synbiotic supplement group ($p=0.02$). CRP levels decreased significantly in all three groups: aerobic exercise + placebo ($p=0.001$), aerobic exercise + synbiotic supplement ($p=0.0001$), and the synbiotic supplement group ($p=0.002$). However, the levels of fasting serum glucose, insulin, insulin resistance index, body mass index and body fat percentage did not change significantly among the three groups ($p<0.05$). Furthermore, ABI ($p=0.29$), CAVI ($p=0.30$), CRP ($p=0.48$), and insulin ($p=0.73$) indices did not differ significantly between the groups.

Conclusion: The most important findings of the present study are the lack of significant differences in CRP index between the groups in the between-group comparison, alongside a significant decrease in: aerobic exercise + placebo, aerobic exercise + synbiotic supplement, and synbiotic supplement groups in the within-group comparison. According to the results of this study, 12 weeks of aerobic exercise combined with synbiotic supplement consumption can improve arterial stiffness indices such as ABI and CAVI, as well as the inflammatory index CRP. Given these findings, it is recommended that patients with type II diabetes engage in aerobic exercise combined with synbiotic supplement consumption. Considering the known effects of these two interventions separately, their simultaneous effectiveness on the inflammatory status of patients with type II diabetes can be important from a therapeutic and medical perspective, highlighting the need for further future research in these fields. Additionally, it appears that aerobic exercise and synbiotic consumption may effectively improve arterial stiffness and CRP indices in postmenopausal women with type II diabetes.

Keywords: Aerobic exercise, Synbiotic supplement, Type II diabetes, Arterial stiffness and C-reactive protein.

Ethical Considerations: All ethical principles in this research were meticulously adhered to by the researchers .

Compliance with ethical guideline: To conduct the research, the consent form was completed by the participants after they were fully informed about the research process, including its risks and benefits.

Funding: The authors of this article declare that they have not received any financial support from any organization.

Conflicts of interest: The authors report no conflicts of interest in relation to this manuscript.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نشریه مطالعات کاربردی علوم‌زیستی در ورزش مقاله پژوهشی
بهار ۱۴۰۴، دوره ۱۳، شماره ۳۳، ص ۹۱-۷۸
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۷ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۶
نشریه مطالعات کاربردی علوم زیستی در ورزش
دانشگاه بیرجند

تأثیر تمرین هوازی فزآینده و مکمل سین‌بیوتیک بر سختی شریانی و پروتئین واکنشی C در زنان یائسه مبتلا به دیابت نوع دو

زهرا یاورپناه[۱]، علی حسنی[۲*]، معصومه قربانی[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.
۲. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.
۳. مربی گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.

چکیده

مقدمه و هدف: استفاده از مکمل‌ها و تمرینات ورزشی جهت رفع اختلالات متابولیک و درمان بیماری‌ها رواج یافته است؛ هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر تمرین هوازی فزآینده و مکمل سین‌بیوتیک بر سختی‌شریانی و پروتئین واکنشی C (CRP) در زنان یائسه مبتلا به دیابت نوع دو بود. **روش تحقیق:** در این پژوهش نیمه تجربی، ۳۹ زن مبتلا به دیابت نوع دو به‌طور تصادفی به سه گروه تمرین هوازی+دارونما، تمرین هوازی+مکمل سین‌بیوتیک و مکمل سین‌بیوتیک تقسیم شدند. برنامه تمرینی با شدت ۴۰ تا ۷۰ ضربان قلب ذخیره به‌صورت فزاینده در ۱۲ هفته اجرا شد. آزمودنی‌های گروه مکمل، یک ساعت پس از صرف ناهار، یک عدد کپسول سین‌بیوتیک باکانت (1×10^{9} CFU) را مصرف کردند. برای سنجش CRP، قندخون ناشتا، سطح انسولین پلاسما پس از حداقل ۱۰ ساعت ناشتایی، به میزان پنج سی‌سی خون از سیاهرگ بازویی اخذ گردید و به روش الایزا و با کیت‌های مخصوص اندازه‌گیری شد. از آزمون t زوجی برای مقایسه درون‌گروهی و از روش تحلیل واریانس یک‌راهه برای مقایسه تغییرات بین گروهی در سطح معنی‌داری $p<0/05$ استفاده شد. **یافته‌ها:** پس از مداخله شاخص پایی‌بازویی (ABI) در گروه تمرین هوازی+دارونما ($p=0/03$) و تمرین هوازی+مکمل سین‌بیوتیک ($p=0/02$) به‌طور معنی‌داری نسبت به پیش آزمون افزایش‌یافت. همچنین شاخص قلبی-عروقی مچ‌پایی (CAVI) در گروه تمرین هوازی+دارونما ($p=0/002$) و تمرین هوازی+مکمل سین‌بیوتیک ($p=0/02$)؛ و CRP در هر سه گروه تمرین هوازی+دارونما ($p=0/001$)، تمرین هوازی+مکمل سین‌بیوتیک ($p=0/0001$)، و گروه مکمل سین‌بیوتیک ($p=0/002$)؛ کاهش معنی‌داری را نشان داد. با این حال، سطوح سرمی گلوکز ناشتا، انسولین، شاخص مقاومت به انسولین، شاخص توده بدن و درصد چربی بدن در سه گروه تغییر معنی‌داری نکرد ($p>0/05$). همچنین، شاخص‌های ABI ($p=0/29$)، CAVI ($p=0/30$)، CRP ($p=0/48$)، و انسولین ($p=0/73$)؛ تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها نداشت. **نتیجه‌گیری:** به‌نظر می‌رسد تمرین هوازی و مصرف سین‌بیوتیک در زنان یائسه مبتلا به دیابت نوع دو، می‌تواند بر روند بهبود شاخص‌های سختی شریانی و CRP مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: تمرین هوازی، مکمل سین‌بیوتیک، دیابت نوع دو، سختی شریانی، پروتئین واکنشی C.

*نویسنده مسئول: آدرس: شاهرود، دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی؛
پست الکترونیک: hassani_3@shahroodut.ac.ir
https://doi.org/10.22077/jpsbs.2024.7139.1848

مقدمه

شیوع دیابت نوع دو در بسیاری از نقاط جهان رو به افزایش است؛ روندی که با توسعه سبک زندگی کم‌تحرک و چاقی ارتباط دارد (۱). دیابت نوع دو با چندین مؤلفه پاتوفیزیولوژیک مشخص می‌شود که شامل مقاومت به انسولین، ترشح معیوب انسولین، چاقی، افزایش ترشح گلوکاگون و دیس لیپیدمی است (۲). فدراسیون بین‌المللی دیابت اعلام کرده است که ۴۵۱ میلیون نفر در سراسر جهان در سال ۲۰۱۷ به دیابت نوع دو مبتلا بودند و پیش‌بینی می‌شود که این آمار تا سال ۲۰۴۵ به ۶۹۳ میلیون نفر افزایش یابد (۳). عوارض متعدد دیابت، به‌ویژه بیماری‌های مرتبط با اختلالات عروقی مانند میکروووسکولار[1] و ماکروووسکولار[2] مهم‌ترین نگرانی در بیماران دیابتی است (۴). علاوه براین، در مطالعات پیشین گزارش شده است که جنسیت در ابتلا به دیابت و عوارض آن، یکی از عوامل تأثیرگذار است. به صورتی‌که شیوع دیابت در سنین یائسگی چهار تا هشت درصد گزارش شده که با خطر سه برابری یا بیشتر بیماری کرونری قلب، همراه است (۵). علاوه بر این، با افزایش سن، یائسگی و دیابت نیز موجب افزایش شدت سختی شریانی می‌شود (۶). در واقع، وضعیت ساختاری و عملکردی شریان‌ها، بازتاب تأثیر عوامل خطر قلبی-عروقی است و سختی شریان‌ها، قبل از حوادث قلبی-عروقی بروز می‌کند (۶). بین قند خون ناشتا و سختی شریانی در افراد غیر دیابتی نیز ارتباط خطی وجود دارد (۷). مطالعات اپیدمیولوژیک تایید کرده‌اند که افزایش قندخون مهم‌ترین عامل در شیوع و پیشرفت عوارض عروقی است و این موضوع در هر دو نوع دیابت یک و دو مشاهده می‌شود (۸). برای اندازه‌گیری سختی شریانی (محیطی و مرکزی) روش‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ شاخص عروقی قلبی- مچ پایی[3] (CAVI) یک شاخص جدید است که سختی کل شریان از مبدا آئورت تا مچ پا را برآورد می‌کند و قادر به نشان دادن خطر آترواسکلروزیس می‌باشد. نشان داده شده است که CAVI در افراد سالم به‌طور خطی با پیری افزایش می‌یابد (۹). همچنین، میزان این شاخص در بیماران دیابتی نسبت به همتایان سالم، بالاتر گزارش شده است (۹). شاخص مچ پایی بازویی[4] (ABI) نیز شاخص دیگری است که برای اندازه‌گیری سختی شریانی محیطی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۹). همچنین گزارش شده افزایش فراسنج‌های لیپیدی، اختلال در متابولیسم انسولین، افزایش التهاب و نشانگرهای التهابی نظیر پروتئین واکنشی C[5] (CRP) که منجر به پیشرفت دیابت نوع دو می‌شود؛ می‌تواند نقش مهمی در پاتوژنز عروق کوچک و بزرگ داشته باشد (۱۰). عامل CRP به‌عنوان یک عامل التهابی، مستقیما می‌تواند در پاتوژنز آترواسکلروز موثر باشد. این پروتئین، حساس‌ترین و قوی‌ترین شاخص التهابی و پیشگویی کننده بروز بیماری‌های قلبی-عروقی معرفی شده و در هنگام پاسخ به آسیب، استرس و بیماری؛ افزایش می‌یابد و موجب افزایش خطر دو تا پنج برابری حوادث قلبی-عروقی می‌شود (۱۱). پژوهش‌های گذشته همبستگی مثبتی بین اجزای سندرم مقاومت به انسولین و نشانگرهای پاسخ مرحله حاد مانند CRP و فیبروژن را گزارش کرده‌اند، از جمله این‌که سطح CRP سرم با سطح گلوکز تام و کلسترول ارتباط نزدیکی دارد (۱۲). بنابراین، در صورت کاهش این شاخص التهابی، به احتمال زیاد بیماری‌های قلبی- عروقی و مقاومت به انسولین نیز کاهش خواهد یافت (۱۳). در همین راستا، محققین گزارش کرده اند که افزایش سطح فعالیت‌های بدنی در کاهش برخی متغیرهای بیوشیمیایی که موجب بروز التهاب در بدن می‌شود، تاثیرگذار است (۱۴). به عنوان مثال، حسینی و دیگران (۲۰۲۲) نشان دادند که تمرینات هوازی با شدت ۶۰ تا ۷۵ درصد حداکثر ضربان قلب[6] (HR_{max})، سطوح سرمی CRP با حساسیت بالا[7] (hs-CRP) را کاهش می‌دهد (۱۵). ثاقب جو و دیگران (۲۰۱۸) نیز پس از ۱۲ هفته تمرین هوازی کاهش معنی‌دار سطوح سرمی hs-CRP را نشان داده اند (۱۶). علاوه براین، مادن[8] و دیگران (۲۰۰۹) ضمن بررسی تاثیر سه ماه تمرین هوازی بر ۳۶ فرد مسن مبتلا به دیابت نوع دو، نشان دادند که تمرین هوازی در افراد مسن می‌تواند شاخص CAVI مرتبط با سختی شریان را کاهش دهد (۱۷).

با توجه به اثرات مفید پروبیوتیک‌ها (باکتری‌های سودمند فلور میکروبی دستگاه گوارش) و سین‌بیوتیک‌ها (ترکیبی از پروبیوتیک‌ها و پری‌بیوتیک‌ها) بر شاخص‌های

1. Microvascular
2. Macrovascular
3. Ankle-cardio vascular index
4. Ankle-brachial index
5. C-reactive protein
6. Maximum heart rate
7. High-sensitivity C-reactive protein
8. Madden

متابولیک در مدل‌های حیوانی و بیماران غیر دیابتی، امروزه تمایل زیادی به استفاده از این مکمل‌ها ایجاد شده است. اخیرا گزارش شده است که مصرف غذاهای سین‌بیوتیک ممکن است به کنترل پروفایل متابولیک و نشانگرهای التهابی کمک کند (۱۸). در یک مطالعه گزارش شد که مصرف نان سین‌بیوتیک در مقایسه با پروبیوتیک و گروه کنترل، اثر معنی‌داری بر کاهش تری‌گلیسرید، لیپوپروتئین با چگالی بسیار کم[1] (VLDL) و افزایش سطح لیپوپروتئین با چگالی بالا[2] (HDL) در بیماران دیابتی نوع دو دارد، اما بر سایر عوامل لیپیدی مانند کلسترول و لیپوپروتئین با چگالی کم[3] (LDL) تأثیری نداشت (۱۹). سین‌بیوتیک‌ها ممکن است از طریق تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر[4] (SCFA)، دی سولفید کربن[5] (CS2) و متیل استات[6] (MeAC)؛ موجب افزایش اثرات مفید فعالیت لیپولیتیکی شوند (۲۰). اثرات مستقیم بر سیستم ایمنی و همچنین تنظیم کاهشی ژن‌های دخیل در مسیر گیرنده‌های ایجاد کننده التهاب، ممکن است اثرات مفید آنها را توجیه کند (۲۱).

با توجه به این که تفاوت‌های زیادی در مورد شدت و مدت تمرینات هوازی بر سختی شریانی و نشانگرهای التهابی وجود دارد و با توجه به ناهمسویی های موجود در مطالعات پیشین و همچنین با توجه این که تاکنون مطالعه‌ای به بررسی مکمل سین‌بیوتیک به همراه تمرین هوازی بر سختی شریانی و نشانگرهای التهابی در بیماران مبتلا به دیابت نپرداخته است؛ مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر تمرین هوازی و مکمل سین‌بیوتیک بر سختی شریانی و CRP در زنان یائسه مبتلا به دیابت نوع دو به اجرا درآمد.

روش تحقیق

مطالعه حاضر، مطالعه‌ای نیمه تجربی یک سوکور با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون است که پس از دریافت تأییدیه کد اخلاق (IR.SHAHROODUT.REC.1402.006) از کمیته اخلاق دانشگاه صنعتی شاهرود انجام شد. جامعه آماری پژوهش حاضر شامل زنان یائسه مبتلا به دیابت نوع دو مراجعه کننده به واحد دیابت پلی کلینیک تخصصی و فوق تخصصی بیمارستان امام حسین (ع) و انجمن دیابت شهرستان شاهرود بودند که از بین آنها، تعداد ۴۵ نفر داوطلب و واجد شرایط به عنوان نمونه انتخاب شدند. معیارهای ورود به پژوهش شامل قند خون ناشتای بالای ۱۲۶ میلی‌گرم در دسی لیتر، هموگلوبین گلیکوزیله[7] (Hba1c) بیشتر از ۶/۴ درصد، شاخص توده بدنی ۲۶ تا ۳۰ کیلوگرم/مترمربع، عدم وابستگی به انسولین، یائسگی، گذشتن بیش از پنج سال از شروع دیابت طبق تشخیص پزشک متخصص، عدم مصرف پروبیوتیک و یا سین‌بیوتیک در سه ماه گذشته، عدم استفاده از کورتیکواستروئیدها، نداشتن هر گونه بیماری مزمن کلیوی، کبدی، نفروپاتی، نوروپاتی و رتینوپاتی؛ عدم فعالیت ورزشی منظم در شش ماه اخیر و معیارهای خروج نیز شامل هرگونه حساسیت تغذیه ای، غیبت بیش از سه جلسه در تمرین، عدم مصرف سین‌بیوتیک یا دارونما بیش از سه روز و مصرف درمانی آنتی بیوتیک در طول مدت مطالعه بود.

قبل از دریافت رضایت‌نامه از آزمودنی‌ها، اطلاعات لازم در خصوص ماهیت، نحوه اجرای تحقیق، خطرات احتمالی و نکاتی که می‌بایست شرکت‌کنندگان در این پژوهش رعایت کنند، در اختیار آنان قرار گرفت و به ایشان توضیح داده شد که شرکت در مطالعه اختیاری است. پس از توجیه کامل شرکت‌کنندگان، فرم رضایت‌نامه از آنان اخذ و پرسشنامه آمادگی برای فعالیت بدنی[8] (PAR-Q) تکمیل گردید. آزمودنی‌ها به‌وسیله قندخون که در ابتدا اندازه‌گیری شد، همتاسازی و به‌طور تصادفی به سه گروه مساوی (۱۵ نفر) تمرین هوازی+دارونما، تمرین هوازی+سین‌بیوتیک و گروه مکمل سین‌بیوتیک تقسیم شدند.

آزمودنی‌های گروه تمرین هوازی+سین‌بیوتیک و گروه مکمل سین‌بیوتیک، یک ساعت پس از صرف وعده غذایی روزانه (ناهار)، یک عدد کپسول لاکتوکر[9] با کانت (CFU10^9×1)[10] محصول شرکت زیست تخمیر تهران را به مدت ۱۲ هفته مصرف کردند (۲۲).

برنامه تمرینات هوازی نیز به مدت ۱۲ هفته و هر هفته سه جلسه برای گروه های تمرینی دنبال شد. هر جلسه شامل سه بخش گرم کردن، مرحله اصلی و سرد کردن بود. در گرم کردن از حرکات کششی، دویدن آرام و نرمشی

1. Very-low-density lipoprotein
2. High-density lipoprotein
3. Low-density lipoprotein
4. Short-chain fatty acids
5. Carbon disulfide
6. Methyl acetate
7. Glycosylated hemoglobin or HBA1C
8. Physical activity readiness questionnaire
9. LactoCare
10. Colony forming units

به مدت ۱۰ دقیقه استفاده شد. مرحله اصلی در جلسه اول شامل ۲۵ دقیقه فعالیت با شدت ۴۰ تا ۴۵ درصد ضربان قلب ذخیره بود و هر دو هفته، پنج دقیقه به مدت زمان و پنج درصد به شدت فعالیت اضافه می‌شد. مرحله سرد کردن نیز شامل نرمش و کشش بود (۲۳). شدت تمرینات هوازی براساس حداکثر ضربان قلب هدف تعیین شد که با فرمول کاروونن[1] محاسبه شد.

(ضربان قلب استراحت+ درصد شدت مورد نظر) × (ضربان قلب بیشینه – ضربان قلب استراحت) = ضربان قلب هدف

سنجش شاخص های تحقیق شامل CAVI، ABI، CRP، قندخون ناشتا، سطح انسولین پلاسما، شاخص مقاومت به انسولین[2] (HOMA-IR) شاخص توده بدن[3] (BMI) و درصد چربی بدن ۴۸ ساعت قبل و بعد از مداخله انجام شد. جهت اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریک و ترکیب بدن (وزن، شاخص توده بدن، درصد چربی بدن) از دستگاه اندازه‌گیری ترکیب بدن In Body 230 ساخت کشور کره استفاده شد. قد افراد نیز با استفاده از دستگاه قدسنج، بر حسب سانتی‌متر تعیین شد. خونگیری نیز برای سنجش CRP، قندخون ناشتا، سطح انسولین پلاسما پس از حداقل ۱۰ ساعت ناشتایی به میزان پنج سی‌سی خون از سیاهرگ بازویی، درحالت نشسته، توسط کارشناس آزمایشگاه انجام گرفت. سپس، نمونه‌ها برای ۲۰ دقیقه در دمای اتاق جهت لخته شدن قرار داده شدند و لوله‌های حاوی نمونه برای مدت ۲۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در هر دقیقه سانتریفیوژ گردیده و سرم جداسازی شده در میکروتیوپ مجزا در دمای منفی ۸۰ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد. سطوح CRP با روش الایزا و کیت مخصوص مربوط به شرکت مونوباند[4] ساخت چین با حساسیت ۰/۲ میکروگرم بر میلی‌لیتر و سطح انسولین پلاسما نیز به روش الایزای ساندویچی و با استفاده از دستگاه الایزا ریدر مدل تکنولوژی اورنس[5] ساخت کشور آمریکا اندازه‌گیری شد. قندخون به روش آنزیمی-کالریمتری با به‌کارگیری روش آنزیم گلوکز اکسیداز[6] با استفاده از کیت شرکت پارس آزمون و به‌وسیله دستگاه آتوآنالایزر بیوشیمی و شاخص مقاومت به انسولین نیز با فرمول زیر محاسبه شد (۱):

HOMA-IR= (انسولین ناشتا (میکروواحد/میلی لیتر) × گلوکز ناشتا (میلی‌گرم/دسی‌لیتر)) ÷ ۴۰۵ (۱)

همچنین آزمون سختی شریان‌ها تحت شرایط استاندارد (درجه حرارت اتاق ۲۲ درجه سانتی‌گراد با به حداقل رساندن محرک‌ها) با استفاده از سیستم واسرا-وی‌اس-۲۰۰۰[7] (شرکت فوکودا دنشی[8] ژاپن) بین ساعات ۱۲-۹ صبح انجام شد. قبل از انجام آزمایش، شرکت‌کنندگان برای جلوگیری از اثر بالقوه استرس، در وضعیت خوابیده به پشت به مدت ۱۵دقیقه استراحت کردند.

برای محاسبه شاخص‌های مرکزی و پراکندگی از آمار توصیفی و برای بررسی طبیعی توزیع داده ها، از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف[9] استفاده شد. از آزمون t زوجی برای ارزیابی تفاوت‌های درون گروهی و از آزمون تحلیل واریانس یک راهه و آزمون تعقیبی بونفرونی[10] برای ارزیابی تفاوت بین گروهی استفاده گردید. تمام آنالیزها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۶ در سطح معنی‌داری p<۰/۰۵ صورت گرفت.

یافته‌ها

در جدول شماره یک، ویژگی فردی آزمودنی‌ها در سطح پایه ارائه شده است.

جدول ۱. توصیف (میانگین± انحراف استاندارد) و مقایسه ویژگی‌های فردی و آنتروپومتریک گروه‌های مورد مطالعه در مرحله پیش آزمون

ویژگی‌های فردی	میانگین± انحراف معیار		
	تمرین هوازی+ دارونما	تمرین هوازی+ مکمل	گروه مکمل
سن (سال)	۵۷/۶۱±۴/۰۹	۵۵/۴۶±۷/۷۹	۵۸/۹۲±۵/۶۹
وزن (کیلوگرم)	۷۳/۶۵±۹/۷۲	۷۶/۶۳±۱۳/۴۱	۷۲/۷۶±۸/۹۲
هموگلوبین A1C (درصد)	۶/۷۹±۰/۶۹	۷/۹۴±۲/۱۸	۷/۳۳±۰/۸۳

1. Karvonen
2. Homeostatic model assessment for insulin resistance
3. Body mass index
4. Monobind
5. Awareness technology
6. Oxidase glucose
7. VaSera-VS-2000
8. Fukuka Denshi
9. Kolmogorov-Smirnov
10. Bonferroni

با توجه به جدول شماره دو و نتایج آزمون t زوجی، ABI در گروه تمرین هوازی+دارونما (p=۰/۰۳) و تمرین هوازی+مکمل سین‌بیوتیک (p=۰/۰۲) به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین شاخص قلبی-عروقی CAVI در گروه تمرین هوازی+دارونما (p=۰/۰۰۲) و تمرین هوازی+مکمل سین‌بیوتیک (p=۰/۰۲)، CRP در هر سه گروه تمرین هوازی+ دارونما (p=۰/۰۰۰۱)، تمرین هوازی+مکمل سین‌بیوتیک (p=۰/۰۰۰۱) و مکمل سین‌بیوتیک (p=۰/۰۰۲)؛ به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک راهه نشان داد که اختلاف معنی‌داری در شاخص‌های ABI (p=۰/۲۹)، CAVI (p=۰/۳۰)، CRP (p=۰/۴۸)، انسولین (p=۰/۷۳)، گلوکز (p=۰/۳۴) و مقاومت به انسولین (p=۰/۶۶) بین گروه‌ها وجود ندارد.

جدول ۲. توصیف و مقایسه میانگین تغییرات پس از ۱۲ هفته در گروه های تحقیق

متغیرها	گروه‌ها	میانگین±انحراف معیار		سطح معنی‌داری			
		پیش آزمون	پس آزمون	درون گروهی		بین گروهی	
				t	p	F	p
CAVI	تمرین هوازی+ دارونما	۷/۹۶±۰/۵۴	۷/۵۲±۰/۶۷	۳/۹۲	۰/۰۰۲*	۱/۲۳	۰/۳۰
	تمرین هوازی+ مکمل	۸/۰۶±۰/۷۲	۷/۴۸±۰/۶۰	۲/۶۳	۰/۰۲*		
	مکمل	۷/۸۸±۰/۷۵	۷/۶۷±۰/۷۲	۱/۳۶	۰/۱۹		
ABI	تمرین هوازی+ دارونما	۱/۰۱±۰/۱۰	۱/۰۷±۰/۰۹	-۲/۰۶	۰/۰۳*	۱/۲۷	۰/۲۹
	تمرین هوازی+ مکمل	۰/۹۸±۰/۰۸	۱/۰۹±۰/۱۳	-۲/۲۰	۰/۰۲*		
	مکمل	۱/۰۳±۰/۱۱	۱/۰۵±۰/۱۴	-۰/۲۸	۰/۷۸		
CRP (میلی‌گرم / لیتر)	تمرین هوازی+ دارونما	۴/۴۲±۰/۸۷	۲/۹۸±۰/۹۶	۴/۶۸	۰/۰۰۱*	۰/۷۴	۰/۴۸
	تمرین هوازی+ مکمل	۴/۵۶±۱/۲۴	۲/۶۷±۰/۹۱	۶/۹۶	۰/۰۰۰۱*		
	مکمل	۴/۰۹±۰/۸۱	۲/۶۹±۰/۹۰	۳/۸۶	۰/۰۰۲*		
گلوکز ناشتا (میلی‌گرم / دسی‌لیتر)	تمرین هوازی+ دارونما	۱۷۵/۰۷±۶۷/۹۲	۱۷۲/۵۳±۶۹/۶۲	۰/۳۰	۰/۷۶	۱/۱۱	۰/۳۴
	تمرین هوازی+ مکمل	۱۷۷/۲۳±۲۸/۴۱	۱۶۵/۸۴±۴۱/۴۷	۱/۱۹	۰/۲۵		
	مکمل	۱۷۶/۴۶±۴۲/۴۵	۱۵۳/۹۲±۳۴/۹۹	۲/۱۶	۰/۰۵		
انسولین پلاسما (واحد/میلی‌گرم)	تمرین هوازی+ دارونما	۷/۶۹±۳/۳۳	۷/۰۱±۴/۹۴	۰/۵۷	۰/۵۷	۰/۳۱	۰/۷۳
	تمرین هوازی+ مکمل	۶/۱۸±۳/۳۵	۵/۱۶±۲/۵۹	۱/۱۱	۰/۲۸		
	مکمل	۷/۶۰±۵/۱۱	۷/۶۵±۴/۸۸	-۰/۰۶	۰/۹۵		
شاخص مقاومت به انسولین	تمرین هوازی+ دارونما	۳/۶۵±۳/۱۴	۳/۷۹±۴/۴۰	-۰/۱۵	۰/۸۸	۰/۴۱	۰/۶۶
	تمرین هوازی+ مکمل	۲/۵۷±۱/۱۷	۲/۰۳±۰/۹۵	۱/۴۰	۰/۱۸		
	مکمل	۳/۳۱±۲/۴۳	۲/۶۹±۱/۴۲	۱/۲۵	۰/۲۳		
شاخص توده بدنی (کیلوگرم/مترمربع)	تمرین هوازی+ دارونما	۳۰/۴۳±۳/۵۸	۳۰/۰۸±۳/۳۴	۱/۹۳	۰/۰۷	۰/۰۱	۰/۹۸
	تمرین هوازی+ مکمل	۳۲/۷۲±۵/۸۶	۳۲/۴۱±۵/۶۱	۱/۲۹	۰/۲۱		
	مکمل	۲۹/۵۷±۳/۰۸	۲۹/۲۶±۳/۱۱	۱/۹۵	۰/۰۷		
جربی بدن (درصد)	تمرین هوازی+دارونما	۴۴/۴۳±۵/۳۶	۴۴/۲۹±۵/۲۷	۰/۵۳	۰/۶۰	۰/۷۰	۰/۵۰
	تمرین هوازی+ مکمل	۴۵/۷۶±۴/۵۳	۴۵/۳۳±۴/۳۷	۱/۶۴	۰/۱۲		
	مکمل	۴۲/۶۳±۴/۰۶	۴۲/۶۶±۴/۰۱	-۰/۱۱	۰/۹۰		

* نشانه تفاوت معنی دار با پیش‌آزمون در سطح p≤۰/۰۵.

بحث

مهم‌ترین یافته‌های پژوهش حاضر، عدم تفاوت معنی‌دار شاخص CRP بین گروه‌های تحقیق در مقایسه بین گروهی و کاهش معنی‌دار این شاخص در هر سه گروه تمرین هوازی+دارونما، تمرین هوازی+مکمل سین‌بیوتیک و مکمل سین‌بیوتیک در مقایسه درون گروهی می‌باشد. همسو با نتایج پژوهش حاضر، السانمی اویلر[1] و دیگران (۲۰۲۱) در مطالعه اثرات مکمل سین‌بیوتیک (پروبیوتیک+پری بیوتیک)

1. Ilesanmi-Oyelere

با و بدون تمرین ورزشی بر شاخص‌های التهابی زنان یائسه، عدم تفاوت معنی‌دار این شاخص ها بین گروه‌های پژوهش را گزارش کردند (۲۴)، حسینی و دیگران (۲۰۲۲) با بررسی تاثیر هشت هفته‌ای تمرینات هوازی با شدت ۶۰ تا ۷۵ درصد حداکثر ضربان قلب در ۴۸ مرد دیابتی نوع دو، کاهش CRP را در اثر تمرینات هوازی نشان دادند (۱۵). علاوه براین، در خصوص مکمل سین‌بیوتیک، ساگاوارا[1] و دیگران (۲۰۰۶) اثرات مفید یک رژیم غذایی منظم و دو هفته مصرف سین‌بیوتیک بر کاهش سطح سرمی CRP در ۱۰۱ نفر بیماران مبتلا به قطع مجرای کبدی-صفراوی در گروه B نسبت به A (A فقط مصرف سین بیوتیک پس از عمل و B هم قبل از عمل و هم بعد از عمل مصرف سین بیوتیک) را گزارش کردند (۲۵). اما ناهمسو با نتایج تحقیق حاضر، مهاپاترو[2] و دیگران (۲۰۲۳) عدم تفاوت معنی‌داری نشانگرهای التهابی، از جمله CRP را در بین گروه‌های سین‌بیوتیک و دارونما نشان دادند و بیان داشتند سین‌بیوتیک‌ها اثرات امیدوارکننده‌ای بر این شاخص ها ندارند (۲۶). این پژوهشگران در مطالعه خود از بیماران مبتلا به کبد چرب غیر الکلی استفاده کردند که احتمالا می تواند یکی از دلایل ناهمسویی با یافته‌های مطالعه حاضر باشد. علیجانی و دیگران (۲۰۱۸) نیز اثر هشت هفته تمرین پیلاتس به همراه مکمل پروبیوتیک بر CRP در زنان دارای اضافه وزن را بررسی کردند و تفاوت معنی‌داری را در بین گروه‌های پژوهش نشان دادند (۲۷). همچنین ویلجانن[3] و دیگران (۲۰۰۵) اعلام کردند که مصرف پروبیوتیک در کودکان مبتلا به اگزما، میزان CRP سرمی را افزایش داد (۲۸). تفاوت در شرایط آزمودنی‌های دو مطالعه (دارای اضافه وزن و مبتلا به اگزما) و مکمل مصرفی متفاوت پروبیوتیک؛ می‌تواند از دلایل ناهمسویی مطالعات فوق با نتایج پژوهش حاضر باشد.

مکانیسم‌های متعددی می‌تواند بر اثرگذاری مکمل سین‌بیوتیک در کاهش سطح سرمی CRP دخیل باشد. دریافت سین‌بیوتیک ممکن است منجر به تغییرات معنی‌دار در فعالیت فلور میکروبی روده شود (۲۰). تخمیر اینولین در روده سبب افزایش تولید اسیدهای چرب زنجیره کوتاه و نهایتا منجر به کاهش بیان ژن‌های التهابی از قبیل اینترلوکین-۶[4]، اینتر لوکین-۸، سیکلواکسیژناز- ۲[5] (COX-2) و اینترلوکین-۱ آلفا می‌شود (۲۹). تنظیم افزایشی بیان پروتئین اینترلوکین- ۱۸ نیز توسط این محصولات نشان داده شده است که متعاقبا سبب کاهش سنتز آنزیمی CRP در کبد می‌شود (۲۰). به علاوه، افزایش تولید خانواده متیل کتون‌ها (۱- پروپانون[6]، ۲- بوتانون[7]، ۳- پنتانون[8] و ۴- بوتاندیون[9]) در روده به دنبال دریافت سین‌بیوتیک ممکن است منجر به اثرات ضد التهابی شود (۲۰). ۳- پنتانون یک ترکیب طبیعی در میوه‌ها، سبزیجات و غذاهای تخمیری است که مانع تولید پروستاگلاندین و کاهش بیان پروتئین COX-2 می‌شود (۳۰).

تمرین ورزشی با کاهش عوامل اختلال در عملکرد اندوتلیال (پرفشارخونی، دیابت، غلظت هموسیستئین، LDL و رادیکال‌های آزاد)، منجر به بهبود عملکرد اندوتلیال می‌شود (۳۱). همچنین، تمرین ورزشی با افزایش ترشح نیتریک اکساید، عملکرد اندوتلیال را بهبود می‌بخشد؛ با بهبود عملکرد اندوتلیال، التهاب کاهش می‌یابد و در مجموع، تمرین ورزشی به پیشگیری از آسیب اندوتلیال و التهاب کمک بیشتری می‌کند (۳۱). از دیگر سازوکارها این است که تمرین ورزشی با افزایش سنتز پروتئین و تولید و رهایش مایوکاین‌ها، منجر به کاهش بیان ژنی سایتوکاین‌ها در بافت عضلانی می‌شود، یا با کاهش بیان ژنی سایتوکاین‌های پیش التهابی (به‌واسطه تولید رادیکال‌های آزاد)، موجب تقویت سیستم قلبی- عروقی شده و تولید سایتوکاین‌های پیش التهابی از سلول‌های تک‌هسته‌ای را کاهش می‌دهد (۳۲). یافته‌های پژوهش حاضر حاکی از آن است که انجام تمرین هوازی در کنار مصرف مکمل سین‌بیوتیک می‌تواند برای بیماران دیابتی مفید باشد. در واقع، سین‌بیوتیک‌ها با تخریب و یا غیرفعال کردن عامل هسته‌ای کاپا B[10] سبب کاهش تولید سایتوکاین های پیش التهابی می‌شوند (۳۳). همچنین، سین‌بیوتیک‌ها با افزایش تعداد سلول‌های T کشنده طبیعی، می‌توانند در کنترل التهاب سیستمیک مفید باشند (۳۴).

1. Sugawara
2. Mahapatro
3. Viljanen
4. Interleukin-6
5. Cyclooxygenase
6. 1-Propanone
7. 2-Butanone
8. 3-Pentanone
9. 4-Butanedione
10. Nuclear factor kappa B

از دیگر یافته‌های پژوهش حاضر عدم تفاوت معنی‌دار شاخص ABI و CAVI در بین گروه‌های تحقیق می‌باشد. با این حال، ۱۲ هفته مداخله سبب افزایش معنی‌دار شاخص ABI و کاهش معنی‌دار شاخص CAVI گردید. درحالی که، هیچ اثر معنی‌داری بر سطوح قندخون ناشتا و انسولین پلاسما و شاخص مقاومت به انسولین در سه گروه مشاهده نشد. دانلی[1] و دیگران (۲۰۱۴) همسو با نتایج تحقیق حاضر اعلام کردند تمرینات هوازی باعث کاهش سختی شریانی و عدم تغییر سطوح گلوکز ناشتا در افراد مبتلا به سندرم متابولیک می‌شود (۳۵). در این خصوص، مائدا[2] (۲۰۱۰) نشان داد که تمرینات هوازی از طریق کاهش در اندوتلین-۱[3] و افزایش نیتریک اکساید باعث کاهش سختی شریان‌ها می‌شوند (۳۶). به‌نظر می‌رسد در تحقیق حاضر تمرینات هوازی طی سه ماه اجرا توانسته شاخص CAVI را به شکل چشمگیری کاهش دهد. مطالعات پیشین نشان داده‌اند که تمرینات هوازی برای بهبود آمادگی قلبی عروقی، عملکرد اندوتلیال، مارکرهای فعالیت سمپاتیکی، سختی شریانی، لیپوپروتئین‌ها و گلوکز خون در افراد دیابتی موثر است (۳۷, ۳۸). در این خصوص تحقیقات عوامل مختلفی را دلیل اثرات مثبت ورزش و به‌ویژه ورزش هوازی بر عملکرد عروقی دانسته‌اند (۳۹). یکی از مکانیسم‌های تاثیرگذار ورزش بر سختی شریانی، کاهش سطح اندوتلین-۱ به عنوان یک عامل انقباض عروق می باشد. در خصوص تاثیرات ورزش بر اندوتلین-۱ و سختی شریانی مطالعاتی صورت گرفته است که بیشتر این تحقیقات نشان‌دهنده اثرات مثبت ورزش بر کاهش اندوتلین-۱ و به دنبال آن، کاهش سختی شریانی هستند (۳۹, ۴۰). همچنین تمرینات ورزشی با افزایش جریان خون، تحریک مکانیکی را در عروق موجب شده و در صورت سالم بودن اندوتلیال، منجر به افزایش تولید و رهایش نیتریک اکساید و در نهایت، موجب کاهش سختی شریانی می‌شوند (۳۹). هر چند در این تحقیق سطح اندوتلین-۱ و نیتریک اکساید مورد بررسی قرار نگرفتند، اما با توجه به پیشینه موجود احتمالاً کاهش شاخص CAVI پس از فعالیت هوازی، تغییر این دو شاخص بوده است و این می‌تواند به‌عنوان یک مکانیزم احتمالی مطرح باشد.

نتیجه گیری: با توجه به نتایج این مطالعه، ۱۲ هفته تمرین هوازی همراه با مصرف مکمل سین‌بیوتیک می‌تواند سبب بهبود شاخص سختی شریانی مانند ABI و CAVI و شاخص التهابی CRP گردد. با توجه به تأثیرات شناخته شده این دو مداخله به‌صورت مجزا، اثربخشی آنها به‌طور همزمان بر وضعیت التهابی بیماران مبتلا به دیابت نوع دو از لحاظ درمانی و پزشکی می‌تواند حائز اهمیت باشد. این موضوع نیاز به تحقیقات بیشتر در این زمینه را ضروری می سازد.

تعارض منافع

پژوهش حاضر برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی شاهرود بوده و هیچ‌گونه تضاد منافعی برای نویسندگان وجود ندارد.

قدردانی و تشکر

در پایان از بانوان محترم انجمن دیابت شاهرود که داوطلبانه در این تحقیق شرکت کردند و کمال همکاری را به‌جا آوردند، صمیمانه سپاسگزاریم.

منابع

1. Koroni R, Yonesyan A, Donyaei A. Comparison of the effect of 8 weeks of different exercises (endurance, resistance and combined) on serum levels of nesfatin-1 and insulin resistance index in women with type 2 diabetes. Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology. 2023;10(1):83-96. [In Persian]. https://doi.org/10.22049/jahssp.2023.27986.1495

2. De Block C, Bailey C, Wysham C, Hemmingway A, Allen SE, Peleshok J. Tirzepatide for the treatment of adults with type 2 diabetes: an endocrine perspective. Diabetes, Obesity and Metabolism. 2023;25(1):3-17. https://doi.org/10.1111/dom.14831

1. Donley 2. Maeda 3. Endothelin-1

3. Zaki S, Sharma S, Vats H. Effectiveness of concurrent exercise training in people with type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. Physiotherapy Theory and Practice. 2024;40(9):2094-115. https://doi.org/10.1080/09593985.2023.2225717

4. Taherkhani M, Safi M. Evaluation of correlation between microvascular complications and coronary disease in patients with type 2 diabetes mellitus. Research in Medicine. 2014;38(3):167-72. [In Persian]. http://pejouhesh.sbmu.ac.ir/article-1-1391-en.html

5. Moosavi SJ, Habibian M, Farzanegi P. The effect of regular aerobic exercise on plasma levels of 25-hydroxy vitamin D and insulin resistance in hypertensive postmenopausal women with type 2 diabetes. Razi Journal of Medical Sciences. 2016;22(12):80-90. [In Persian]. http://rjms.iums.ac.ir/article-1-3402-fa.html

6. Matsubara T, Miyaki A, Akazawa N, Choi Y, Ra S-G, Tanahashi K, et al. Aerobic exercise training increases plasma Klotho levels and reduces arterial stiffness in postmenopausal women. American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology. 2014;306(3):H348-H55. https://doi.org/10.1152/ajpheart.00429.2013

7. Shin JY, Lee HR, Lee DC. Increased arterial stiffness in healthy subjects with high-normal glucose levels and in subjects with pre-diabetes. Cardiovascular diabetology. 2011;10:1-5. https://doi.org/10.1186/1475-2840-10-30

8. Jakuš V, Rietbrock N. Advanced glycation end-products and the progress of diabetic vascular complications. Physiological Research. 2004;53(2):131-42. https://doi.org/10.33549/physiolres.930430

9. Gómez-Marcos MÁ, Recio-Rodríguez JI, Patino-Alonso MC, Agudo-Conde C, Gómez-Sánchez L, Gomez-Sanchez M, et al. Cardio-ankle vascular index is associated with cardiovascular target organ damage and vascular structure and function in patients with diabetes or metabolic syndrome, LOD-DIABETES study: a case series report. Cardiovascular Diabetology. 2015;14:1-10. https://doi.org/10.1186/s12933-014-0167-y

10. Soinio M, Marniemi J, Laakso M, Lehto S, Ronnemaa T. High-sensitivity C-reactive protein and coronary heart disease mortality in patients with type 2 diabetes: a 7-year follow-up study. Diabetes Care. 2006;29(2):329-33. https://doi.org/10.2337/diacare.29.02.06.dc05-1700

11. Kubota Y, Moriyama Y, Yamagishi K, Tanigawa T, Noda H, Yokota K, et al. Serum vitamin C concentration and hs-CRP level in middle-aged Japanese men and women. Atherosclerosis. 2010;208(2):496-500. https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2009.07.052

12. Koenig W, Sund M, Frohlich M, Fischer H-Gn, Lowel H, Doring A, et al. C-Reactive protein, a sensitive marker of inflammation, predicts future risk of coronary heart disease in initially healthy middle-aged men: results from the MONICA (Monitoring Trends and Determinants in Cardiovascular Disease) Augsburg Cohort Study, 1984 to 1992. Circulation. 1999;99(2):237-42. https://doi.org/10.1161/01.cir.99.2.237

13. Mendall M, Patel P, Ballam L, Strachan D, Northfield T. C reactive protein and its relation to cardiovascular risk factors: a population based cross sectional study. British Medical Journal. 1996;312(7038):1061-5. https://doi.org/10.1136/bmj.312.7038.1061

14. Stewart LK, Flynn MG, Campbell WW, Craig BA, Robinson JP, Timmerman KL, et al. The influence of exercise training on inflammatory cytokines and C-reactive protein. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2007;39(10):1714-9. https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31811ece1c

15. Hoseini R, Rahim HA, Ahmed JK. Concurrent alteration in inflammatory biomarker gene expression and oxidative stress: how aerobic training and vitamin D improve T2DM. BMC Complementary Medicine and Therapies. 2022;22(1):165. https://doi.org/10.1186/s12906-022-03645-7

16. Saghebjoo M, Nezamdoost Z, Ahmadabadi F, Saffari I, Hamidi A. The effect of 12 weeks of aerobic training on serum levels high sensitivity C-reactive protein, tumor necrosis factor-alpha, lipid profile and anthropometric characteristics in middle-age women patients with type 2 diabetes. Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews. 2018;12(2):163-8. https://doi.org/10.1016/j.dsx.2017.12.008

17. Madden KM, Lockhart C, Cuff D, Potter TF, Meneilly GS. Short-term aerobic exercise reduces arterial stiffness in older adults with type 2 diabetes, hypertension, and hypercholesterolemia. Diabetes Care. 2009;32(8):1531-5. https://doi.org/10.2337/dc09-0149

18. Mazruei Arani n, Baghaei H, Khorrami Rad A, Asemi Z, Alizadeh S, Esmaeilzadeh A. Effect of Synbiotic Gaz Consumption on Insulin Resistance, Inflammatory Factor and Parameters of Oxidative Stress in Patients with Type 2 Diabetes. Journal of Arak University of Medical Sciences. 2013;16(6):72-81. [In Persian].

19. Shakeri H, Hadaegh H, Abedi F, Tajabadi-Ebrahimi M, Mazroii N, Ghandi Y, et al. Consumption of synbiotic bread decreases triacylglycerol and VLDL levels while increasing HDL levels in serum from patients with type-2 diabetes. Lipids. 2014;49(7):695-701. https://doi.org/10.1007/s11745-014-3901-z

20. Vitali B, Ndagijimana M, Cruciani F, Carnevali P, Candela M, Guerzoni ME, et al. Impact of a synbiotic food on the gut microbial ecology and metabolic profiles. BMC Microbiology. 2010;10:1-13. https://doi.org/10.1186/1471-2180-10-4

21. Giamarellos-Bourboulis EJ, Bengmark S, Kanellakopoulou K, Kotzampassi K. Pro-and synbiotics to control inflammation and infection in patients with multiple injuries. Journal of Trauma and Acute Care Surgery. 2009;67(4):815-21. https://doi.org/10.1097/ta.0b013e31819d979e

22. Grom L, Rocha R, Balthazar C, Guimarães J, Coutinho N, Barros C, et al. Postprandial glycemia in healthy subjects: Which probiotic dairy food is more adequate? Journal of Dairy Science. 2020;103(2):1110-9. https://doi.org/10.3168/jds.2019-17401

23. Aminilari Z, Daryanoosh F, Koshkie Jahromi M, Mohammadi M. The effect of 12 weeks aerobic exercise on the apelin, omentin and glucose in obese older women with diabetes type 2. Journal of Arak University of Medical Sciences. 2014;17(4):1-10. [In Persian].

24. Ilesanmi-Oyelere BL, Roy NC, Kruger MC. Modulation of bone and joint biomarkers, gut microbiota, and inflammation status by synbiotic supplementation and weight-bearing exercise: human study protocol for a randomized controlled trial. Journal of Medical Internet Research, Research Protocols. 2021;10(10):e30131. https://doi.org/10.2196/30131

25. Sugawara G, Nagino M, Nishio H, Ebata T, Takagi K, Asahara T, et al. Perioperative synbiotic treatment to prevent postoperative infectious complications in biliary cancer surgery: a randomized controlled trial. Annals of Surgery. 2006;244(5):706-14. https://doi.org/10.1097/01.sla.0000219039.20924.88

26. Mahapatro A, Bawna F, Kumar V, Daryagasht AA, Gupta S, Raghuma N, et al. Anti-inflammatory effects of probiotics and synbiotics on patients with non-alcoholic fatty liver disease: an umbrella study on meta-analyses. Clinical Nutrition ESPEN. 2023;57:475-86. https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2023.07.087

27. Alijani, Seyfi, Baghaiee. Investigating the Effect of Eight Weeks of Pilates Training in Combination with Probiotic Supplementation on some Inflammatory Markers in Overweight Women. Complementary Medicine Journal. 2018;8(1):2153-66. [In Persian]. http://cmja.arakmu.ac.ir/article-1-549-en.html

28. Viljanen M, Pohjavuori E, Haahtela T, Korpela R, Kuitunen M, Sarnesto A, et al. Induction of inflammation as a possible mechanism of probiotic effect in atopic eczema–dermatitis syndrome. Journal of Allergy and Clinical Immunology. 2005;115(6):1254-9. https://doi.org/10.1016/j.jaci.2005.03.047

29. Voltolini C, Battersby S, Etherington SL, Petraglia F, Norman JE, Jabbour HN. A novel antiinflammatory role for the short-chain fatty acids in human labor. Endocrinology. 2012;153(1):395-403. https://doi.org/10.1210/en.2011-1457

30. Kalina U, Koyama N, Hosoda T, Nuernberger H, Sato K, Hoelzer D, et al. Enhanced production of IL-18 in butyrate-treated intestinal epithelium by stimulation of the proximal promoter region. European Journal of Immunology. 2002;32(9):2635-43. https://doi.org/10.1002/1521-4141(200209)32:9<2635::aid-immu2635>3.0.co;2-n

31. Gielen S, Adams V, Möbius-Winkler S, Linke A, Erbs S, Yu J, et al. Anti-inflammatory effects of exercise training in the skeletal muscle of patients with chronic heart failure. Journal of the American College of Cardiology. 2003;42(5):861-8. https://doi.org/10.1016/s0735-1097(03)00848-9

32. Heidarianpour A, Keshvari M. Effects of Three Types of Exercise aerobic, resistance and concurrent on plasma CRP concentration in type II diabetes patients. Journal of Sabzevar University of Medical Sciences. 2016;23(6):916-25. [In Persian]. https://jsums.medsab.ac.ir/article_937.html?lang=en

33. Ma X, Hua J, Li Z. Probiotics improve high fat diet-induced hepatic steatosis and insulin resistance by increasing hepatic NKT cells. Journal of Hepatology. 2008;49(5):821-30. https://doi.org/10.1016/j.jhep.2008.05.025

34. Grundy SM, Cleeman JI, Merz CNB, Brewer HB, Clark LT, Hunninghake DB, et al. Implications of Recent Clinical Trials for the National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III Guidelines. Circulation. 2004;110(2):227-39. https://doi.org/10.1161/01.cir.0000133317.49796.0e

35. Donley DA, Fournier SB, Reger BL, DeVallance E, Bonner DE, Olfert IM, et al. Aerobic exercise training reduces arterial stiffness in metabolic syndrome. Journal of Applied Physiology. 2014;116(11):1396-404. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00151.2014

36. Maeda S. Influence of regular exercise on arterial stiffness and endothelium. Advances in Exercise and Sports Physiology. 2010;15(4):115-9.

37. Pescatello LS. Effects of exercise on hypertension: from cells to physiological systems: Springer; 2015.

38. Ashor AW, Lara J, Siervo M, Celis-Morales C, Mathers JC. Effects of exercise modalities on arterial stiffness and wave reflection: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Plos One. 2014;9(10):e110034. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110034

39. Maeda S, Miyauchi T, Kakiyama T, Sugawara J, Iemitsu M, Irukayama-Tomobe Y, et al. Effects of exercise training of 8 weeks and detraining on plasma levels of endothelium-derived factors, endothelin-1 and nitric oxide, in healthy young humans. Life Sciences. 2001;69(9):1005-16. https://doi.org/10.1016/s0024-3205(01)01192-4

40. Maeda S, Tanabe T, Miyauchi T, Otsuki T, Sugawara J, Iemitsu M, et al. Aerobic exercise training reduces plasma endothelin-1 concentration in older women. Journal of Applied Physiology. 2003;95(1):336-41. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01016.2002

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی