Feyz Medical Sciences Journal
2025, Volume 29, Issue 4
Pages: 341-351
Doi: 10.48307/FMSJ.2025.29.4.341
Original Article

The Effect of a 12-Week Pilates Training Program on Serum Furin Levels and Body Mass Index in Women with Type 2 Diabetes

Zahra Montazeri Najafabadi [1], Saeed Keshavarz [1*], Elham Eftekhari [1], Marvi Mahnaz [1]

[1] Department of Sport Sciences, Na.C., Islamic Azad University, Najafabad, Iran

[*]**Corresponding author: Saeed Keshavarz,** Department of Sport Sciences, Na.C., Islamic Azad University, Najafabad, Iran

Email: saeed.keshavarz@iau.ac.ir

Received: 25 May 2025 **Revised:** 9 September 2025 **Accepted:** 9 September 2025

Abstract

Background and Aim: Type 2 diabetes, a common metabolic disorder, is rapidly increasing in prevalence, particularly in developing countries. Lifestyle modifications, including regular physical activity, play a pivotal role in disease management. This study aimed to investigate the effect of a 12-week Pilates training program on serum furin levels (a marker associated with endoplasmic reticulum stress and inflammation) as well as body composition indices in women with type 2 diabetes.

Methods: In this quasi-experimental study, 30 women with type 2 diabetes (aged 35–55 years) who were not engaged in regular physical activity were recruited from the Najafabad Diabetes Association. Participants were randomly assigned to either the exercise group (n = 15) or the control group (n = 15). The exercise group followed a progressive Pilates protocol for 12 weeks, three sessions per week, 50 minutes per session, while the control group continued their usual daily activities. Blood samples were collected before and after the intervention to assess serum furin levels using ELISA, and body composition indices (weight and BMI) were measured. Data were analyzed using paired t-tests in SPSS.

Results: After 12 weeks, the exercise group showed significant reductions compared with the control group in weight (mean decrease: 2.13 kg, $p = 0.04$), BMI (mean decrease: 1.19 kg/m², $p = 0.049$), fasting blood glucose (mean decrease: 12.3 mmol/L, $p = 0.04$), and serum furin (mean decrease: 6.6 mg/L, $p = 0.001$). No significant changes were observed in the control group ($p \geq 0.05$).

Conclusion: These findings suggest that Pilates training may reduce serum furin levels and improve body composition, supporting its role as a complementary non-pharmacological intervention alongside conventional treatments for the management of type 2 diabetes in women.

Keywords: Pilates; Furin; Body Mass Index; Type 2 diabetes

Copyright© 2025. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms. Downloaded from: http://feyz.kaums.ac.ir/

Extended Abstract

Background and Objective

Given the physiological characteristics of patients with type 2 diabetes, including chronic systemic inflammation, increased production of reactive oxygen species and oxidative stress, disruption of metabolic pathways such as insulin resistance, and imbalance in the secretion and function of related hormones, the need for effective and less-complicated therapeutic interventions is increasingly felt. These conditions create a vicious cycle affecting inflammatory responses and cellular function that accelerates the progression of the disease and the occurrence of chronic complications. In this context, regular and targeted exercise training has the potential to improve metabolic control and reducing diabetes complications by modulating inflammatory responses and reducing oxidative stress. Pilates can help reduce oxidative stress, better regulate the autonomic nervous system, and reduce chronic inflammation, factors that play an important role in the pathophysiology of diabetes. Research has shown that Pilates may improve hormonal balance, reduce cortisol, and improve sleep quality, which can contribute to controlling blood sugar and reducing insulin resistance. Furin, a key endopeptidase involved in processing proteins associated with inflammation and insulin resistance, has also been proposed as a potential target in studies related to diabetes. Given the complexity of the mechanisms through which Pilates affects biochemical pathways related to furin and inflammation, this study can contribute to a deeper understanding of these relationships and provide new scientific evidence for the use of Pilates as an exercise intervention in diabetes management. Therefore, the aim of the present study was to investigate the effect of 12 weeks of Pilates training on serum furin levels and body mass index in women with type 2 diabetes.

Methods

The present study is a semi-experimental study and was conducted in 1403. The statistical population of the present study included women aged 35-55 with type 2 diabetes who referred to the Najafabad Diabetes Association and had a medical record in this medical center. They also had the necessary physical conditions to perform physical activity. The subjects were informed through an announcement in the diabetes association of the city, and from all women with type 2 diabetes, 30 eligible subjects (with the characteristics of fasting blood sugar equal to or greater than 126 mg, no insulin injection by reviewing the existing patient records in the diabetes association, at least one year after the disease, and no regular exercise) were selected and randomly (based on a random number table) assigned to two experimental and control groups. The experimental group performed Pilates exercises progressively from the introductory level to level one for 12 weeks, under the supervision of an exercise physiologist and Pilates instructor, in three training sessions per week, each session lasting 50 minutes. Each session consisted of three parts: 1) Warm-up (10 minutes) including two repetitions of breathing movements, release, lying on the back, hand rotation, pelvic release, shoulder separation, head and shoulder lift, standing cat movement, sole rotation, and leg rotation. 2) The main part (35 minutes) consisting of Swedish or complete vertebra-to-vertebral swimming exercises, first- and full-stage star, dart with rotation from the waist, side bend, two-leg extension with toe (frog), single-leg extension, and single-leg extension with upper body twist. 3) Cool-down (5 minutes) including stretching and breathing movements. Descriptive statistics including tables, graphs, mean and standard deviation were used in this study. All data were analyzed using the Shapiro-Wilk test and their normality was confirmed ($P > 0.0$). Then, paired t-test was used to examine the changes between pre-test

and post-test. All analyses were performed using SPSS software (version 25). A P value of less than 0.05 was considered significant.

Results

To examine the difference in mean serum furin levels before and after 12 weeks of Pilates training in the training group, we used a paired t-test. The t-value was 14.164 with a significance level of P=0.001, indicating a statistically significant difference. Therefore, there was a difference in serum furin levels before and after Pilates training. Thus, 12 weeks of Pilates training reduced serum furin levels in women with type 2 diabetes. No significant change was observed in the control group. Additionally, the training group had a lower furin level in the post-test compared to the control group (P=0.001). The results of the ANCOVA test showed that in terms of furin levels, controlling for the pre-test effect, there was a significant difference between the training and control groups in the post-test ($F(1,52)=15.82$, $P=0.001$, $\eta^2=0.22$). Pilates training led to a significant decrease in serum furin levels in women with type 2 diabetes. The results of the ANCOVA test also showed that, controlling for the pre-test effect, there was a significant difference between the training and control groups in the post-test BMI ($F(1,52)=6.30$, $P=0.015$, $\eta^2=0.11$). Therefore, Pilates training led to a significant decrease in BMI in women with type 2 diabetes.

Conclusion

The present study indicates that a 12-week Pilates training course can effectively reduce serum furin levels in women with type 2 diabetes and is also associated with a decrease in fasting blood sugar. These findings indicate the multidimensional effects of Pilates training on inflammatory and metabolic pathways, achieved through the reduction of visceral fat mass, inhibition of NF-κB and JAK/STAT pathways, increased GLUT-4-dependent glucose uptake, and improved body composition. Given its low-impact nature, high safety, and feasibility in a home environment, Pilates can be recommended as an effective non-pharmacological method for the management of type 2 diabetes and for improving the quality of life in patients. However, future studies with more diverse samples, strict dietary control, and long-term assessment of other inflammatory markers are needed to enhance understanding and improve the generalizability of these results.

مجله علوم پزشکی فیض
دوره ۲۹، شماره ۴، مهر و آبان
صفحات: ۳۵۱-۳۴۱
Doi: 10.48307/FMSJ.2025.29.4.341
اصیل پژوهشی

تأثیر ۱۲ هفته تمرین پیلاتس بر سطوح سرمی فورین و شاخص توده بدنی در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲

زهرا منتظری نجف آبادی[۱]، سعید کشاورز[۱*]، الهام افتخاری قینانی[۱]، مهناز مروری[۱]

[۱] گروه علوم ورزشی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۳/۴ اصلاح مقاله: ۱۴۰۴/۰۶/۱۸ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۶/۱۸

چکیده

زمینه و هدف: دیابت نوع ۲ به عنوان یک بیماری متابولیک شایع، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، روند رو به رشدی دارد. تغییر سبک زندگی از جمله فعالیت بدنی منظم، نقش کلیدی در کنترل این بیماری ایفا می‌کند. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر یک دوره ۱۲ هفته‌ای تمرینات پیلاتس بر سطوح سرمی فورین (به عنوان یک نشانگر مرتبط با استرس اندوپلاسمی و التهاب) و شاخص‌های ترکیب بدنی در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ طراحی شد.

روش‌ها: در این مطالعه نیمه‌تجربی، ۳۰ زن مبتلا به دیابت نوع ۲ (دامنه سنی ۳۵ تا ۵۵ سال) از انجمن دیابت نجف‌آباد، که فاقد سابقه فعالیت ورزشی منظم بودند، به صورت هدفمند انتخاب و به‌طور تصادفی در دو گروه تمرین (۱۵ نفر) و کنترل (۱۵ نفر) قرار گرفتند. گروه تمرین، پروتکل تمرینات پیلاتس را به مدت ۱۲ هفته، هر هفته ۳ جلسه ۵۰ دقیقه‌ای با شدت فزاینده اجرا کردند، در حالی که گروه کنترل به فعالیت‌های روزمره خود ادامه دادند. نمونه‌گیری خونی برای اندازه‌گیری فورین به روش الایزا و ارزیابی شاخص‌های ترکیب بدنی (وزن و BMI) قبل و بعد از دوره مداخله انجام شد. برای تحلیل داده‌ها از آزمون تی همبسته در نرم‌افزار SPSS استفاده گردید.

یافته‌ها: پس از ۱۲ هفته، گروه تمرین در مقایسه با گروه کنترل، کاهش معناداری را در وزن (مقدار کاهش: ۲/۱۳ کیلوگرم، p=۰/۰۴)، BMI (مقدار کاهش: ۱/۱۹ کیلوگرم بر متر مربع، P=۰/۰۴۹)، قند خون ناشتا (مقدار کاهش: ۱۲/۳ میلی‌مول بر لیتر، P=۰/۰۴) و فورین (مقدار کاهش: ۶/۶ میلی‌گرم بر لیتر، P=۰/۰۰۱) تجربه کرد. در گروه کنترل هیچ تغییر معناداری در این متغیرها مشاهده نشد (P≥۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج، به نظر می‌رسد تمرینات پیلاتس می‌تواند با کاهش سطوح فورین و بهبود ترکیب بدنی، به عنوان یک مداخله غیردارویی مکمل در کنار درمان‌های رایج برای مدیریت دیابت نوع ۲ در زنان پیشنهاد شود.

کلیدواژه‌ها: پیلاتس، فورین، شاخص توده بدن، دیابت نوع ۲

*نویسنده مسئول: **سعید کشاورز** پست الکترونیک:saeed.keshavarz@iau.ac.ir
گروه علوم ورزشی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

مقدمه

دیابت نوع ۲ یکی از مهم‌ترین مشکلات سلامت عمومی در سراسر جهان است و شیوع آن به صورت اپیدمی بی‌سابقه‌ای در حال افزایش است. بر اساس گزارش سازمان جهانی بهداشت (WHO)، تعداد افراد مبتلا به دیابت در سال ۲۰۲۱ حدود ۵۴۷ میلیون نفر برآورد شده است که پیش‌بینی می‌شود این رقم تا سال ۲۰۴۵ به بیش از ۷۰۰ میلیون نفر افزایش یابد [۱, ۲]. در ایران نیز بر اساس مطالعات، شیوع دیابت نوع ۲ در جمعیت بزرگسال بیش از ۱۰ درصد گزارش شده که نشان‌دهنده اهمیت بالای این بیماری در کشور است. این روند افزایشی، بار سنگینی بر نظام‌های درمانی و اقتصادی کشورها تحمیل می‌کند و لزوم اجرای برنامه‌های پیشگیری و درمانی موثر را بیش از پیش نمایان می‌سازد [۲].

دیابت نوع ۲ با ویژگی‌های کلینیکی مانند افزایش مقاومت به انسولین، اختلال در متابولیسم گلوکز و التهاب مزمن همراه است. یکی از شاخص‌های زیستی مهم مرتبط با التهاب و متابولیسم در این بیماران، پروتئینی به نام فورین است. فورین یک آنزیم اندوپپتیداز از خانواده پروپروتئین کانورتاز است که در پردازش پروتئین‌های پیش‌ساز نقش حیاتی دارد و از طریق تعامل با فاکتورهای پیش‌التهابی مانند TNF-α، در گسترش پاسخ التهابی مؤثر است. مکانیسم دقیق اثر فورین در دیابت هنوز به طور کامل روشن نشده است، اما فرضیه‌های علمی نشان می‌دهند که فورین با افزایش فعالیت TNF-α موجب افزایش مقاومت به انسولین و کاهش فرم فعال آدیپولین در خون می‌شود که این فرآیند به نوبه خود سیکل معیوب التهاب مزمن و اختلالات متابولیکی را تشدید می‌کند [۳]. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که افزایش سطح سرمی فورین با نشانه‌های سندرم متابولیک و شاخص‌هایی مانند شاخص توده بدنی (BMI) و تری‌گلیسرید ارتباط مستقیم دارد [۴].

روش‌های درمانی متعددی برای کنترل و کاهش عوارض دیابت نوع ۲ پیشنهاد شده است که تمرینات ورزشی یکی از مهم‌ترین و موثرترین آنها به شمار می‌رود. ورزش منظم با بهبود حساسیت به انسولین، کاهش التهاب و بهبود ترکیب بدنی به کنترل این بیماری کمک می‌کند [۵]. در این میان، تمرینات پیلاتس به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد خود از جمله تمرکز بر هماهنگی عصبی-عضلانی، تقویت هسته بدن، افزایش انعطاف‌پذیری و کاهش استرس اکسیداتیو، به عنوان یک ورزش مکمل در بیماران مبتلا به دیابت مورد توجه قرار گرفته است [۶]. برخلاف تمرینات هوازی و مقاومتی سنتی، پیلاتس ترکیبی از حرکات کنترل‌شده و تمرکز ذهنی است که می‌تواند علاوه بر بهبود فیزیکی، در کاهش استرس و التهابات مزمن نیز موثر این ویژگی‌ها می‌توانند در بهبود پروفایل التهابی و متابولیکی بیماران دیابتی نقش ویژه‌ای ایفا کنند [۷].

مطالعاتی که به بررسی اثرات تمرینات ورزشی بر سطح فورین پرداخته‌اند محدود هستند. به عنوان مثال، امیری و همکاران نشان دادند که دوازده هفته تمرین ورزشی با شدت متوسط می‌تواند کاهش معناداری در سطح فورین ایجاد کند [۸]. همچنین مطالعه Espandar و همکاران اثرات مثبت تمرینات هوازی، مقاومتی و موازی را در کاهش مقاومت به انسولین و تنظیم آدیپوکاین‌های ضدالتهابی و التهابی از جمله فورین گزارش کرده‌اند [۹]. با این حال، به رغم اهمیت بالای فورین در مسیرهای التهابی مرتبط با دیابت، تحقیقات خاصی که اثر تمرینات پیلاتس بر سطح سرمی فورین و ترکیب بدنی بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ را بررسی کند، بسیار محدود یا وجود ندارد.

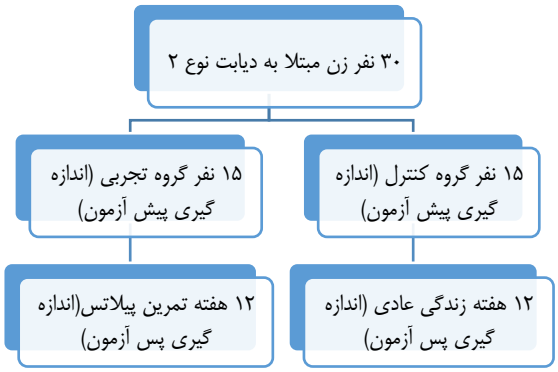
با توجه به ویژگی‌های فیزیولوژیک بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲، از جمله التهاب مزمن سیستمیک، افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن و استرس اکسیداتیو، اختلال در مسیرهای متابولیکی مانند مقاومت به انسولین و عدم تعادل در ترشح و عملکرد هورمون‌های مرتبط، نیاز به مداخلات درمانی مؤثر و کم‌عارضه بیش از پیش احساس می‌شود. این شرایط موجب ایجاد چرخه‌ای معیوب در پاسخ التهابی و عملکرد سلولی می‌گردد که پیشرفت بیماری و بروز عوارض مزمن را تسریع می‌کند. در این زمینه، تمرینات ورزشی منظم و هدفمند می‌توانند با تعدیل پاسخ‌های التهابی و کاهش استرس اکسیداتیو، به بهبود کنترل متابولیکی و کاهش عوارض دیابت کمک شایانی کنند. پیلاتس می‌تواند به کاهش استرس اکسیداتیو، تنظیم بهتر سیستم عصبی خودکار و کاهش التهاب مزمن کمک کند، عواملی که نقش مهمی در پاتوفیزیولوژی دیابت دارند [۱۰]. تحقیقات نشان داده‌اند که پیلاتس می‌تواند موجب بهبود تعادل هورمونی، کاهش کورتیزول و بهبود کیفیت خواب شود که این عوامل به نوبه خود بر کنترل قند خون و کاهش مقاومت به انسولین مؤثر هستند [۱۱]. همچنین فورین، به عنوان یک اندوپپتیداز کلیدی در پردازش پروتئین‌های مرتبط با التهاب و مقاومت به انسولین، به عنوان یک هدف بالقوه در مطالعات مرتبط با دیابت مطرح شده است. با توجه به پیچیدگی مکانیسم‌های تأثیر پیلاتس بر مسیرهای بیوشیمیایی مرتبط با فورین و التهاب، این مطالعه می‌تواند به درک عمیق‌تر این روابط کمک کند و شواهد علمی تازه‌ای برای استفاده از پیلاتس به عنوان یک مداخله ورزشی در مدیریت دیابت ارائه دهد. لذا هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین پیلاتس را بر سطح سرمی فورین و شاخص توده بدن در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ است.

روش‌ها

جامعه و نمونه

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی است و در سال ۱۴۰۳ انجام شده است. جامعه آماری پژوهش حاضر، شامل زنان ۵۵-۳۵ مبتلا به دیابت نوع ۲ بودند که به انجمن دیابت شهرستان نجف‌آباد مراجعه کرده و در این مرکز درمانی پرونده پزشکی داشتند.

همچنین شرایط جسمانی لازم برای انجام فعالیت بدنی را داشتند. آزمودنی‌ها از طریق اطلاعیه در انجمن دیابت شهرستان مطلع شدند و از کل زنان مبتلا به دیابت نوع ۲، تعداد ۳۰ نفر واجد شرایط (دارای ویژگی میزان قند خون ناشتا مساوی یا بیشتر از ۱۲۶ میلی‌گرم، عدم تزریق انسولین توسط بررسی پرونده‌های موجود بیماران در انجمن دیابت، گذشت حداقل یک‌سال از بیماری، نداشتن فعالیت منظم ورزشی) انتخاب و به‌صورت تصادفی (بر اساس جدول اعداد تصادفی) در دو گروه تجربی و کنترل قرار گرفتند (شکل ۱).



شکل- ۱. فلوچارت کانسورت

در ابتدا با استفاده از آزمون کایزر–مایر–اولکین (KMO) کفایت حجم نمونه برای تحلیل‌های عاملی تأیید شد (KMO=۰/۷۸۸). همچنین، با استناد به مطالعات پیشین مشابه و با توجه به تعداد آزمودنی‌ها در هر گروه، حجم نمونه برای مقایسه دو گروه کفایت داشت [۱۲].

معیارهای ورود به مطالعه: قرار داشتن در دامنه سنی ۵۵–۳۵ سال، داشتن قندخون ناشتای مساوی و یا بیشتر از ۱۲۶ میلی‌گرم در دسی‌لیتر، داشتن سابقه حداقل یک‌سال دیابت نوع ۲، داشتن توانایی فعالیت ورزشی بدون داشتن سابقه فعالیت منظم ورزشی و عدم استفاده از انسولین تزریقی (استفاده از داروهای خوراکی متفورمین، گلی کلازید، ریپاگلینید، آکاربوز، پیوگلیتازون و امپا گلیفلوزین) بود. با این حال، به شرکت‌کنندگان توصیه شد رژیم غذایی و داروهای خود را در طول مطالعه تغییر ندهند، اما این عوامل به صورت رسمی پایش نشدند.

معیارهای خروج از مطالعه: داشتن کمر و گردن درد، عدم توان فعالیت ورزشی یا داشتن سابقه فعالیت منظم ورزشی، استفاده از انسولین تزریقی و عدم حضور بیش از دو جلسه تمرین بود.

روش اندازه‌گیری متغیرها

برای بررسی فورین ۵ میلی‌لیتر نمونه‌های خونی قبل از شروع مطالعه و پس از اتمام دوره در یک ساعت معین در صبح جمع‌آوری شد. پس از خون‌گیری، نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال داده شدند. در هر دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون، از شرکت‌کنندگان در آزمایشگاه‌های معرفی شده، جهت دستیابی به مقدار سطح سرمی فورین و قند خون نمونه‌گیری انجام شد. همچنین سطح فورین با استفاده از کیت الایزای ساخت شرکت X با حساسیت ۰/۰۲۳ ng/mL و محدوده تشخیص ۰/۱–۲۰ ng/mL اندازه‌گیری شد.

قد آزمودنی‌ها با استفاده از قدسنج دیواری سکا با دقت ۰/۱ سانتی‌متر اندازه‌گیری گردید. شیوه کار به این‌صورت بود که از آزمودنی‌ها خواسته شد تا بدون کفش و به‌صورت ایستاده کنار دیواری که قدسنج روی آن نصب شده بود، قرار گرفته و باسن، پاشنه، سر و کتفشان در یک راستا و در تماس با دیوار بود. همچنین از آزمودنی‌ها خواسته شد تا وزن بدنشان را به شکل مساوی روی پاها تقسیم نمایند، سر موازی با سطح زمین و دید چشم‌ها موازی با سطح افق باشد. سپس در این حالت قد ایشان برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری و ثبت گردید.

برای اندازه‌گیری وزن نیز از ترازوی پزشکی سکا مدل ۲۰۲۰ با دقت ۰/۱ گرم استفاده شد؛ به این‌منظور آزمودنی‌ها صبح روز آزمون قبل از گرفتن نمونه‌گیری خون، وزن‌کشی شدند. به این ترتیب که آزمودنی‌ها بدون کفش بر روی ترازو قرار گرفتند و مقدار وزن آنها ثبت شد.

لازم به توضیح است ابزارهای اندازه گیری قد و وزن قبل از انجام تحقیق کالیبره شدند.

برای اندازه‌گیری شاخص توده بودن (BMI) از فرمول اختصاصی آن استفاده شد: در این فرمول با تقسیم وزن (به کیلوگرم) بر توان دوم قد (به متر) مقدار BMI مشخص می‌شود.

روش تمرین

گروه تجربی به مدت ۱۲ هفته، زیر نظر متخصص فیزیولوژی ورزش و مربی پیلاتس، در سه جلسه تمرینی در هفته و هر جلسه به مدت ۵۰ دقیقه، تمرینات پیلاتس را به‌صورت فزاینده از سطح مقدماتی تا سطح یک انجام دادند. هر جلسه شامل سه بخش بود: ۱- گرم‌کردن (۱۰ دقیقه) شامل دو تکرار از حرکات تنفسی، آزادسازی، به پشت دراز کشیدن، چرخش دست، آزادسازی لگن، جداسازی کتف، بلند کردن سر و بالا بردن شانه، حرکت گربه ایستاده، چرخش کف پا و چرخش پا. ۲- بخش اصلی (۳۵ دقیقه) شامل اجرای تمرینات شنای سوئدی یا کامل مهره به مهره، ستاره مرحله یک و کامل، دارت با چرخش از کمر، خم شدن از پهلو، کشش دو پا با پنجه (قورباغه)، کشش تک پا و کشش تک پا با پیچ بالاتنه. ۳- سردکردن (۵ دقیقه) شامل حرکات کششی و تنفسی.

شدت تمرینات بر اساس مقیاس درک فشار بورگ (Borg RPE) در محدوده ۱۲ تا ۱۴ (معادل شدت متوسط) تنظیم شد و با پیشرفت تدریجی در طول ۱۲ هفته، سطح دشواری حرکات و زمان درگیری عضلات افزایش یافت. گروه کنترل در این مدت هیچ‌گونه برنامه ورزشی دریافت نکردند، اما از درمان‌های روتین و توصیه‌های معمول پزشکی محروم نشدند. مطالعه به روش دوسوکور انجام شد و اعضای گروه کنترل از وجود برنامه تمرینی در گروه تجربی اطلاعی نداشتند.

محاسبات آماری

در این پژوهش از آمار توصیفی شامل جداول، نمودارها، میانگین و انحراف استاندارد استفاده شد. تمامی داده‌ها با آزمون شاپیرو–ویلک بررسی شدند و نرمال بودن آنها تأیید شد (P>۰/۰۵). در ادامه برای بررسی تغییرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون از آزمون تی همبسته استفاده شد. تمامی بررسی‌ها از طریق نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۵) انجام شد. میزان P کمتر از ۰/۰۵ معنی‌دار در نظر گرفته شد.

ملاحظات اخلاقی

این مطالعه کارآزمایی بالینی پس از تأیید در کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد با کد اخلاق IR.IAU.NAJAFABAD.REC.1401.031 و اخذ کد کارآزمایی بالینی با شماره IRCT20230601058355N1 انجام شد.

نتایج

مشخصات عمومی آزمودنی‌ها در گروه تمرین و کنترل در مرحله پس‌آزمون و پیش‌آزمون در جدول ۱ ارائه شده است. در مرحله پیش‌آزمون بین گروه‌ها از نظر قد (P=۰/۹۹)، وزن (P=۰/۰۷) و BMI (P=۰/۹۹) تفاوت معناداری وجود نداشت. همچنین بر اساس جدول ۱ در مرحله پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون، مقدار وزن (P=۰/۰۴)، مقدار BMI (P=۰/۰۴۹) و همچنین مقدار قند خون ناشتا در گروه تمرین کاهش معناداری داشت (P=۰/۰۴). در مقایسه بین گروهی در مرحله پس آزمون نیز مقدار وزن (P=۰/۰۴۸)، BMI (P=۰/۰۴۱) و قند خون ناشتا (P=۰/۰۰۸) در گروه تمرین در مقایسه با گروه کنترل کاهش معناداری داشت.

جدول- ۱. شاخص‌های ترکیب بدنی شرکت‌کنندگان در گروه تمرین (n=15) و کنترل (n=15) در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

	گروه‌ها	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	مقدار P# درون گروهی	اندازه اثر	مقدار P& بین گروهی (پس ازمون)
		میانگین ± انحراف معیار	میانگین ± انحراف معیار			
قد (سانتی‌متر)	تمرین	۱۶۲/۳۳±۴/۳۲۰	۱۶۲/۳۳±۴/۳۲۰	۰/۹۹	–	۰/۸۸
	کنترل	۱۶۳/۴۷±۴/۶۷۳	۱۶۳/۴۷±۴/۶۷۳	۰/۹۹	–	
وزن (کیلوگرم)	تمرین	۷۲/۳۳±۴/۵۹۳	۷۰/۲۰±۵/۰۳۵	۰/۰۴	– ۰/۴۴	۰/۰۴۸
	کنترل	۷۱/۹۳±۳/۹۵۵	۷۱/۰۷±۴/۰۲۶	۰/۸۴	–۰/۲۲	
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)	تمرین	۲۸/۷۳۳±۸/۵۱۱۹	۲۷/۵۳۳±۲/۵۹۳۹	۰/۰۴۹	–۰/۱۹	۰/۰۴۱
	کنترل	۲۸/۶۴۰±۲/۴۹۱۶	۲۸/۶۹۳±۲/۴۸۲۱	۰/۹۹	–۰/۰۲	
قند خون ناشتا (میلی‌مول بر لیتر)	تمرین	۱۵۹/۳۳±۱۸/۱۶۱	۱۴۷/۰۷±۱۸/۴۵۳	۰/۰۴	–۰/۶۷	۰/۰۰۸
	کنترل	۱۶۲/۶۰±۱۶/۵۹۱	۱۶۴/۰۷±۱۷/۲۴۸	۰/۸۴	۰/۰۸۷	

آزمون تی زوجی (مقایسه پیش‌آزمون و پس‌آزمون در داخل گروه)، & آزمون تی مستقل (مقایسه بین گروهی)

جدول- ۲. مقایسه درون گروهی و بین گروهی فورین

	گروه	مراحل تحقیق	میانگین ± انحراف معیار	اختلاف میانگین	انحراف استاندارد	t	P# درون گروهی	اندازه اثر	P& بین گروهی
فورین (میلی گرم در لیتر)	**تمرین**	پیش‌آزمون	۶۴۶/۸۷±۶۳/۵۵۵	۶/۶	۰/۴۶	۱۴	۰/۰۰۱	–۰/۱۷	۰/۰۰۱
		پس‌آزمون	۶۴۰/۲۷±۶۴/۱۵۰						
	کنترل	پیش‌آزمون	۶۴۸/۵۳±۶۲/۹۸۹	۰/۰۵	۰/۰۳	۱۴	۰/۹۹	۰/۰۲	
		پس‌آزمون	۶۴۹/۹۳±۶۲/۹۲۸						

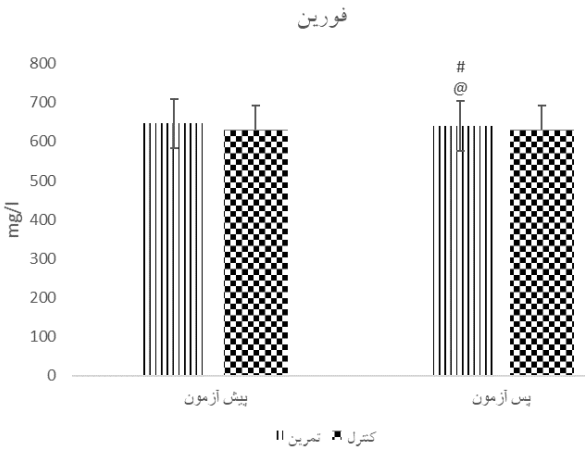
آزمون تی زوجی (مقایسه پیش‌آزمون و پس‌آزمون در داخل گروه)، & آزمون تی مستقل (مقایسه بین گروهی)

برای بررسی تفاوت میانگین سطح سرمی فورین پیش از انجام ۱۲ هفته تمرین پیلاتس و پس از انجام تمرین پیلاتس در گروه تمرین، از آزمون t زوجی بهره گرفته‌ایم. مقدار t برابر ۱۴/۱۶۴ با سطح معناداری برابر (P=۰/۰۰۱) که از میزان استاندارد آن که ۰/۰۵ می‌باشد کمتر است بنابراین بین پیش از انجام تمرین پیلاتس و پس از انجام تمرین پیلاتس در سطح سرمی فورین تفاوت وجود داشت. بنابراین ۱۲ هفته تمرین پیلاتس باعث کاهش سطح سرمی فورین در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ شد. در گروه کنترل تغییر معناداری مشاهده نشد. همچنین گروه تمرین در مرحله پس آزمون مقدار فورین کمتری در مقایسه با گروه کنترل داشت (P=۰/۰۰۱) (جدول ۲ و نمودار ۱).

جدول- ۳. نتایج ازمون ANCOVA

متغیر	منبع تغییرات	SS	Df	MS	F	P	η^2جزئی
فورین	پیش‌آزمون (کوواریانس)	۱۲۴/۳	۱	۱۲۴/۳	۲/۱۵	۰/۱۴۷	۰/۰۴
	گروه (تمرین/کنترل)	۱۹۸۷/۶	۱	۱۹۸۷/۶	۱۵/۸۲	۰/۰۰۱	۰/۲۲
شاخص توده بدن	پیش‌آزمون (کوواریانس)	۲/۱۵	۱	۲/۱۵	۰/۸۵	۰/۳۶	۰/۰۲
	گروه (تمرین/کنترل)	۱۵/۸۷	۱	۱۵/۸۷	۶/۳	۰/۰۱۵	۰/۱۱

نتایج آزمون ANCOVA نشان داد از نظر سطح فورین، با کنترل اثر پیش‌آزمون، تفاوت معناداری بین گروه تمرین و کنترل در پس‌آزمون وجود داشت ($F=۱۵/۸۲$، $P=۰/۰۰۱$، $\eta^2=۰/۲۲$). بنابراین، تمرین پیلاتس منجر به کاهش معنادار سطح سرمی فورین در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ شد. همچنین نتایج آزمون ANCOVA نشان داد که با کنترل اثر پیش‌آزمون، تفاوت معناداری بین گروه تمرین و کنترل در پس‌آزمون BMI وجود داشت ($F=۶/۳۰$، $P=۰/۰۱۵$، $\eta^2=۰/۱۱$). بنابراین، تمرین پیلاتس موجب کاهش معنادار BMI در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ شد (جدول ۳).



نمودار -۱. تغییرات فورین

#: معنادار در مقایسه با پیش آزمون همان گروه، @: معنادار در مقایسه با پس آزمون کنترل

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که اجرای یک دوره ۱۲ هفته‌ای تمرین پیلاتس منجر به کاهش معنادار سطح سرمی فورین در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ شد و این تغییر در مقایسه بین گروه تمرین و کنترل نیز معنی‌دار بود. فورین یک آنزیم پروپروتئین کانورتاز با نقش کلیدی در فعال‌سازی یا غیرفعال‌سازی پروتئین‌ها و پپتیدهای متعددی است که در فرآیندهای التهابی، متابولیکی و قلبی–عروقی دخالت دارند. این پروتئاز قادر است آدیپوکاین CTRP-12، که دارای خاصیت ضدالتهابی و بهبوددهنده حساسیت به انسولین است، را تخریب کند. در بیماران دیابت نوع ۲، افزایش سطح فورین می‌تواند موجب کاهش عملکرد محافظتی CTRP-12 شود و بدین ترتیب، مسیرهای التهابی را فعال‌تر و مقاومت به انسولین را تشدید کند [۹].

کاهش معنادار فورین در گروه تمرین می‌تواند بیانگر اثرات چندگانه تمرین پیلاتس بر مسیرهای التهابی و متابولیکی باشد. مکانیسم نخست به بهبود ترکیب بدن بازمی‌گردد. تمرین پیلاتس با افزایش مصرف انرژی، بهبود تعادل انرژی، و تحریک فیبرهای عضلانی عمقی باعث کاهش توده چربی و در نتیجه کاهش شاخص توده بدنی می‌شود [۱۳]. کاهش توده چربی به‌ویژه در نواحی احشایی، فعالیت آدیپوسیت‌ها و ترشح سایتوکین‌های التهابی مانند TNF-α، IL-6 و CRP را کاهش می‌دهد [۱۴]. این سایتوکین‌ها از محرک‌های مهم بیان ژن فورین محسوب می‌شوند، بنابراین کاهش آن‌ها می‌تواند مستقیماً به کاهش سطح سرمی فورین منجر شود [۱۵].

مکانیسم دوم به اثر ضدالتهابی تمرینات بدنی مربوط است. فعالیت بدنی منظم با تعدیل تعادل بین سیتوکین‌های التهابی و ضدالتهابی، از جمله افزایش ترشح IL-10 و CTRP-12، موجب مهار مسیرهای NF-κB و JAK/STAT می‌شود. کاهش فعالیت این مسیرها می‌تواند میزان سنتز و ترشح فورین را در بافت‌های مختلف، به‌ویژه کبد و آدیپوسیت‌ها، کاهش دهد [۹]. از سوی دیگر، تمرینات مقاومتی و انعطاف‌پذیری مانند پیلاتس علاوه بر بهبود عملکرد عضلات اسکلتی، از طریق افزایش برداشت گلوکز وابسته به GLUT-4 در فیبرهای عضلانی، مقاومت به انسولین را کاهش داده و به کنترل بهتر گلوکز کمک می‌کنند [۱۶]. همچنان که در تحقیق حاضر نیز قند خون ناشتا در اثر تمرین پیلاتس کاهش معناداری یافت.

کاهش قند خون ناشتا و کاهش سطح فورین در بیماران دیابت نوع ۲ پس از تمرین پیلاتس می‌تواند از طریق یک محور

فیزیولوژیک و مولکولی مشترک توضیح داده شود. فورین یک پروتئاز کلیدی در پردازش پیش‌پروتئین‌هاست که در فعال‌سازی پروپروتئین کانورتازها و همچنین در بلوغ گیرنده‌ها و هورمون‌هایی نظیر پروانسولین و پیش‌سایتوکاین‌ها نقش دارد و در شرایط مقاومت به انسولین و التهاب مزمن، بیان آن افزایش می‌یابد. در دیابت نوع ۲، افزایش فورین با فعال‌تر شدن مسیرهای التهابی (مانند NF-κB) و افزایش تولید سایتوکاین‌های پیش‌التهابی همراه است که این وضعیت خود، مقاومت به انسولین و افزایش گلوکز خون را تشدید می‌کند [۴]. تمرین پیلاتس با بهبود حساسیت به انسولین، کاهش استرس اکسیداتیو، و کاهش التهاب سیستمیک، باعث مهار بیان ژن فورین و کاهش فعالیت آن می‌شود. این مهار نه‌تنها مسیرهای التهابی را تضعیف می‌کند، بلکه با کاهش پردازش برخی پروتئین‌های التهابی و بهبود سیگنال‌دهی انسولین، به افت بیشتر قند خون ناشتا کمک می‌کند. در واقع، بهبود متابولیسم گلوکز و کاهش فورین یک چرخه تقویتی مثبت ایجاد می‌کنند که در آن کاهش التهاب و بهبود حساسیت به انسولین، هر دو شاخص را به‌طور هم‌زمان اصلاح می‌کند و این هم‌گرایی مکانیکی، اثرات تمرین پیلاتس را در بیماران دیابتی پایدارتر می‌سازد [۱۷]. کاهش قند خون ناشتا پس از تمرین پیلاتس با کاهش BMI نیز همراستا بود، زیرا کاهش چربی بدن و وزن به بهبود حساسیت به انسولین کمک می‌کند و بدین ترتیب ورود گلوکز به سلول‌ها افزایش می‌یابد. این فرآیند موجب کاهش گلوکز خون و کنترل بهتر متابولیسم انرژی می‌شود. علاوه بر این، کاهش BMI التهاب سیستمیک را کاهش داده و مسیرهای سیگنال‌دهی انسولین را بهینه می‌کند [۱۸].

علاوه بر این، ارتباط بین فورین و BMI اهمیت بالینی زیادی دارد. مطالعات نشان داده‌اند که افراد دارای BMI بالاتر معمولاً سطوح بالاتری از فورین را دارا هستند و این ارتباط حتی پس از کنترل متغیرهای مداخله‌گر مانند سن، جنس و فعالیت بدنی نیز باقی می‌ماند. در واقع، چربی احشایی نه‌تنها به‌عنوان یک بافت ذخیره‌ای بلکه به‌عنوان یک بافت غدد درون‌ریز فعال، با ترشح مولکول‌هایی مانند TNF-α وMCP-1، محیطی التهابی ایجاد می‌کند که منجر به افزایش بیان فورین می‌شود [۱۹]. بنابراین، هرگونه کاهش پایدار در BMI، به‌ویژه از طریق کاهش چربی احشایی، می‌تواند سطح فورین را به شکل قابل توجهی کاهش دهد. یافته‌های مطالعه حاضر که نشان‌دهنده کاهش BMI همراه با کاهش فورین در گروه تمرین بود، با این مکانیسم همخوانی دارد.

مطالعات پیشین نیز اثرات فعالیت بدنی بر سطوح فورین را گزارش کرده‌اند، هرچند بیشتر این تحقیقات بر تمرینات هوازی یا ترکیبی تمرکز داشته‌اند. برای مثال، پژوهش Saeidi و همکاران نشان داد که یک دوره ۱۲ هفته‌ای تمرین هوازی با شدت متوسط باعث کاهش ۱۵ درصدی سطح فورین و بهبود نشانگرهای مقاومت به انسولین در مردان چاق شد [۲۰]. هرچند مطالعه ما از پروتکل پیلاتس استفاده کرد، اما نتایج مشابه‌ی را نشان داد که بیانگر توانایی این نوع تمرین در ایجاد تغییرات سیستمیک مشابه تمرینات هوازی است. نکته جالب این است که پیلاتس با شدت متوسط (Borg RPE 12–14) و بدون فشار بیش از حد بر سیستم قلبی–عروقی، قادر به ایجاد پاسخ‌های ضدالتهابی قابل توجه است، که آن را برای بیماران دیابت نوع ۲ به یک گزینه ایمن و کارآمد تبدیل می‌کند.

از نظر کاربرد عملی، پیلاتس به دلیل ماهیت کم‌برخورد، نیاز نداشتن به تجهیزات پیچیده و امکان اجرا در منزل، می‌تواند به‌عنوان یک روش غیردارویی مؤثر برای مدیریت دیابت نوع ۲ توصیه شود. اجرای این تمرین نه‌تنها باعث بهبود ترکیب بدن و کاهش التهاب می‌شود، بلکه با بهبود انعطاف‌پذیری، تعادل و قدرت عضلات مرکزی بدن، کیفیت زندگی بیماران را نیز افزایش می‌دهد. این ویژگی‌ها باعث می‌شود که پیلاتس برای بیمارانی که به دلیل مشکلات مفصلی یا قلبی قادر به انجام تمرینات شدید نیستند، مناسب باشد.

با این حال، باید به محدودیت‌های مطالعه نیز توجه کرد. عدم کنترل دقیق رژیم غذایی می‌تواند بر نتایج بیوشیمیایی اثرگذار باشد، زیرا ترکیب غذایی نقش مهمی در التهاب و بیان فورین دارد. همچنین، محدود بودن نمونه به زنان میانسال باعث می‌شود که نتایج به‌طور کامل به مردان یا گروه‌های سنی دیگر قابل تعمیم نباشد. علاوه بر این، دوره ۱۲ هفته‌ای ممکن است برای مشاهده اثرات پایدار یا تغییرات در سایر شاخص‌های التهابی کافی نباشد. پیشنهاد می‌شود که مطالعات آینده با حجم نمونه بیشتر، مدت‌زمان مداخله طولانی‌تر، کنترل یا ثبت دقیق رژیم غذایی، و بررسی همزمان سایر آدیپوکاین‌ها و نشانگرهای التهابی انجام شوند. همچنین، بررسی اثر پیلاتس با شدت‌ها و فرکانس‌های مختلف، و مقایسه آن با سایر اشکال تمرین مانند تمرینات هوازی یا مقاومتی، می‌تواند به شفاف‌تر شدن مکانیسم‌های اثر کمک کند.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که اجرای دوره ۱۲ هفته‌ای تمرین پیلاتس می‌تواند به‌طور مؤثری سطح سرمی فورین را در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ کاهش دهد و همزمان با کاهش قند خون ناشتا همراه باشد. این یافته‌ها بیانگر اثرات چندبعدی تمرین پیلاتس بر مسیرهای التهابی و متابولیکی است که از طریق کاهش توده چربی احشایی، مهار مسیرهای NF-κBو JAK/STAT، افزایش برداشت گلوکز وابسته به GLUT-4و بهبود ترکیب بدن تحقق می‌یابد. با توجه به ماهیت کم‌برخورد، ایمنی بالا و قابلیت اجرا در محیط خانگی، پیلاتس می‌تواند به‌عنوان یک روش غیردارویی کارآمد برای مدیریت دیابت نوع ۲ و بهبود کیفیت زندگی بیماران توصیه

شود. با این حال، مطالعات آینده با نمونه‌های متنوع‌تر، کنترل دقیق رژیم غذایی و بررسی طولانی‌مدت سایر شاخص‌های التهابی می‌تواند درک دقیق‌تر و تعمیم‌پذیری نتایج را تقویت کند.

تشکر و قدردانی: همچنین نویسندگان مقاله مراتب تشکر خویش را از افراد شرکت کننده در پژوهش اعلام می دارند. این مقاله برگرفته از رساله دکتری دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد است.

نقش نویسندگان: همه نویسندگان در نگارش اولیه مقاله یا بازنگری آن سهیم بودند و همه با تایید نهایی مقاله حاضر، مسئولیت دقت و صحت مطالب مندرج در آن را می-پذیرند.

تضاد منافع: نویسندگان تصریح می‌کنند که هیچ گونه تضاد منافعی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

1. Tomic D, Shaw JE, Magliano DJ. The burden and risks of emerging complications of diabetes mellitus. Nat Rev Endocrinol. 2022;18(9):525-39. doi.10.1038/s41574-022-00690-7 PMid:35668219 PMCid:PMC9169030
2. Matalqah SM, Al-Tawalbeh DM. Medicinal plants potential against diabetes mellitus. Diabetes. 2025; 9(10):11.
3. Wichaiyo S, Koonyosying P, Morales NP. Functional roles of furin in cardio-cerebrovascular diseases. ACS Pharmacol Transl Sci. 2024; 7(3): 570-85. doi.10.1021/acsptsci.3c00325 PMid:38481703 PMCid:PMC10928904
4. Marafie SK, Al-Mulla F. An overview of the role of furin in type 2 diabetes. Cells. 2023; 12(19):2407. doi.10.3390/cells12192407 PMid:37830621 PMCid:PMC10571965
5. Colberg SR, Sigal RJ, Yardley JE, Riddell MC, Dunstan DW, Dempsey PC, et al. Physical activity/exercise and diabetes: a position statement of the American Diabetes Association. Diabetes Care. 2016; 39(11):2065. doi.10.2337/dc16-1728 PMid:27926890 PMCid:PMC6908414
6. Tanphukwan M, Nontakhod K, Khongnam B, Wongsurin S, Buathong J, Pakkaro P, et al. Effects of pilates training on the flexibility and strength of female students. Retos. 2025; 68: 1196-205. doi.10.47197/retos.v68.115956
7. Gudymenko A, Bergdahl A, Roberts M. Effects of pilates on lower-limb strength and gait patterns in women with knee hypermobility: A preliminary study. Isokinet Exerc Sci. 2025: 09593020251327899. doi.10.1177/09593020251327899
8. Amiri S, Tofighi A, Shirpoor A, Tolouei Azar J. The Effect of 12 Weeks of High Fat Diet and Moderate Intensity Training on the KLF-15 / KLF-3 / Furin / CTRP-12 Pathway of Visceral Adipose Tissue in Male Rats. Sport Physiol Manag Investig. 2021; 13(1): 21-39.
9. Espandar N, Tofighi A, Tolouei Azar J, Khadem Ansari MH. The effect of 8 weeks of resistance, endurance, and concurrent training on serum CTRP-12, Furin, KLF-15, lipid profiles and insulin resistance in sedentary obese men. Sport Physiol. 2021; 13(49):107-36.
10. Liu Z, Chen X, Jin B, Wei W, Zhang Y, Wang X, et al. Anti-inflammatory MXene-and tannic acid-based synthetic-natural hybrid hydrogel for diabetic wound treatment by electrostimulation. Chem Eng J. 2025; 503: 158615. doi.10.1016/j.cej.2024.158615
11. Muhamad RS, Hidayat SN, Ranindya GA, Latanya RF, Hutami CM. Effects of Pilates in Reducing Depression, Anxiety, and Stress in Pregnant Women: A Systematic Review and Meta Analysis. J Soc Res. 2025; 4(8):2019-30.
12. Akhtegan S, Atashak S, Roshdi Bonab R. The changes of some total antioxidant capacity and lipid peroxidation markers following the combined with high intensity interval training in sedentary postmenopausal women. Iran J Obstet Gynecol Infertil. 2022; 24(13):70-9.
13. Güzel S, Kurcan K. The Effect of Pilates Training on Body Composition. Int J Health Exerc Sport Sci. 2024; 1(1):25-32.
14. Varra F-N, Varras M, Varra V-K, Theodosis-Nobelos P. Molecular and pathophysiological relationship between obesity and chronic inflammation in the manifestation of metabolic dysfunctions and their inflammation-mediating treatment options. Mol Med Rep. 2024; 29(6):95. doi.10.3892/mmr.2024.13219 PMid:38606791 PMCid:PMC11025031
15. Elgedawy GA, Elabd NS, Salem RH, Awad SM, Amer AA, Torayah MM, et al. FURIN, IFNL4, and TLR2 gene polymorphisms in relation to COVID-19 severity: A case-control study in Egyptian patients. Infection. 2024;52(6):2213-29 .doi.10.1007/s15010-024-02266-1 PMid:38703289 PMCid:PMC11621141
16. Kamat K, Kage V, Sequeira S. Calisthenics versus Pilates training on glycemic control and body fat in overweight individuals with type 2 diabetes mellitus. Physiother Pract Res. 2023; 44(2):99-108 . doi.10.3233/PPR-220688
17. Taran S, Ghorbanian B, Tutunchi H. The effect of eight weeks of Pilates exercise on serum levels of fibroblast growth factor 21 (FGF21), insulin resistance index and lipid profile in women with non-alcoholic fatty liver disease. J Appl Health Stud Sport Physiol. 2024.
18. Shiri H, Fallah H, Abolhassani M, Fooladi S, Ramezani Karim Z, Danesh B, et al. Relationship between types and levels of free fatty acids, peripheral insulin resistance, and oxidative stress in T2DM: a case-control study. PLoS One. 2024; 19(8):e0306977. doi.10.1371/journal.pone.0306977 PMid:39133724 PMCid:PMC11318896

19. Swärd P, Rosengren BE, Jehpsson L, Karlsson MK. Association between circulating furin levels, obesity and pro-inflammatory markers in children. Acta Paediatr. 2021;110(6):1863-8 . doi.10.1111/apa.15774 PMid:33486829
20. Saeidi A, Motamedi P, Hoteit M, Sadek Z, Ramadan W, Dara MM, et al. Impact of spinach thylakoid extract-induced 12-week high-intensity functional training on specific adipokines in obese males. J Int Soc Sports Nutr. 2024;21(1):2398467. doi.10.1080/15502783.2024.2398467 PMid:39308032 PMCid:PMC11421126

How to Cite this Article:
Montazeri Najafabadi Z, Keshavarz S, Eftekhari E, Mahnaz M. The Effect of a 12-Week Pilates Training Program on Serum Furin Levels and Body Mass Index in Women with Type 2 Diabetes. Feyz Med Sci J 2025; 29(4): 341-351. doi: 10.48307/FMSJ.2025.29.4.341