

The effect of Pilates and aerobic training on serum levels of sirtuin-1, plasminogen activator inhibitor-1 and insulin resistance index in women with type 2 diabetes

Sadegh Cheragh-Birjandi^{1*}, Ali Kheyrandish², Seyedeh Sepide Tara³, Seyedeh Sahar Sharifian³, Halimeh Masoodi³, Sara Asghari⁴

Receive 2023 December 10; Accepted 2024 February 24

Abstract

Aim: Diabetes causes a wide range of serious health problems in humans. Sirtuin-1 and plasminogen activator inhibitor-1 are proteins that can help reduce the complications of type 2 diabetes. The purpose of this study was to investigate the effect of eight weeks of pilates and aerobic exercises on serum levels of sirtuin-1 and plasminogen activator inhibitor-1 and insulin resistance index in women with type 2 diabetes. **Methods:** In this semi-experimental research, 33 women with type 2 diabetes (mean age: 60.91 ± 2.37 and mean BMI: 29.89 ± 3.46) were selected based on available and targeted sampling and were Randomly, they were placed in three groups of 11 people: Aerobics, Pilates and Control. The Pilates group performed Pilates exercises with an intensity of 45-65% of the reserve heart rate, and the aerobic group performed running exercises and relaxation exercises with the same intensity for eight weeks and three sessions per week (24 sessions in total). Data analysis was performed using one-way analysis of variance and Tukey's post hoc test. **Results:** The results of the present study showed a significant difference between the training groups and the control group in the dependent variables of the research, so that the levels of sirtuin-1 ($p=0.001$) in the training groups increased significantly and plasminogen activator inhibitor-1 ($p=0.001$) and insulin resistance ($p=0.001$) was significantly reduced in these groups. **Conclusion:** Aerobic exercises and pilates can have a significant effect in helping those suffering from this disease with the significant effect of effective factors in improving the condition of diabetes.

Keywords: Pilates training, aerobic training, sirtuin-1, plasminogen activator inhibitor-1, insulin resistance



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

1. Assistant Professor, Department of Sport Science, Islamic Azad University, Bojnourd Branch, Bojnourd, Iran
***(corresponding author)**
(s_birjandi2001@yahoo.com)
2. Assistant Professor, Birjand University of Technology, Birjand, Iran.
3. Department of Physical Education and Sport Sciences, Bojnourd Branch, Islamic Azad University, Bojnourd, Iran.
4. Ph.D Candidate, Department of Physical Education and Sport Sciences, Bojnourd Branch, Islamic Azad University, Bojnourd, Iran.

Cite as: Cheragh-Birjandi, Sadegh. Kheyrandish, Ali. Tara, Seyedeh Sepide. Sharifian, Seyedeh Sahar. Masoodi, Halimeh. Asghari, Sara. The effect of Pilates and aerobic training on serum levels of sirtuin-1, plasminogen activator inhibitor-1 and insulin resistance index in women with type 2 diabetes. Applied Health Studies in Sport Physiology. 2024; 11(2): 1-11.

Owner and Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

Journal ISSN (online): 2676-6507

Access Type: Open Access

DOI: 10.22049/JAHSSP.2024.29241.1610



Copyright ©The authors

Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

Extended abstract

Background

Diabetes is a metabolic disease whose prevalence is increasing in the world. In this disease, the patient's blood sugar increases and long-term complications include cardiovascular failure, kidney failure, and decreased nerve activity. Diabetes has many complications that have a great impact on the quality of life of the individual and the family and imposes a huge cost on the individual and the economy of the society (1). Sirtuin-1 (SIRT-1) is an NAD⁺-dependent deacetylase that calorie restriction increases its expression. SIRT-1 is part of nicotinamide adenine dinucleotide (NADH/NAD)-dependent protein deacetylases, which regulate important cellular processes such as cell death, insulin secretion, and body metabolism, and also act in the direction of homeostasis control, and also through deacetylation Histones are involved in many vital functions, including the control of lipid oxidation. Plasminogen activator inhibitor-1 (PAI-1) is a 47 kilodalton (kDa-47) single-chain adipokine and glycoprotein that is directly secreted by adipose tissue. It prevents the activity of angiogenesis inhibitors and acts as an angiogenic switch. The contribution of PAI-1 derived from adipose tissue to circulating amounts is parallel to the increase in adipocyte size and adipose tissue mass. The production of PAI-1 from adipose tissue increases due to obesity, because the increase in fat mass and the activation of the pro-inflammatory state by adipokines in the adipose tissue microenvironment increases. PAI-1 downregulation has been shown to ameliorate high-fat diet-induced obesity-induced glucose intolerance and insulin resistance in mice. There have been limited studies on the effect of various sports activities, including Pilates, on the serum levels of SIRT-1 and PAI-1 in diabetic subjects. The present study was conducted with the aim of investigating the effect of eight weeks of aerobic activity and pilates on the serum levels of SIRT-1, PAI-1 and plasma insulin resistance index of women with type 2 diabetes.

Methodology

In this semi-experimental study with a pre-test-post-test design, 33 women aged 50 to 65 with type 2 diabetes were selected after coordinating with the Diabetes Association and after obtaining written and informed consent. The subjects were randomly divided into three groups of 11 people: control, Pilates and aerobics.

Aerobic exercise protocol, including eight weeks of aerobic running (three days per week), with overload, during the first week, the subjects exercised every day for 30 minutes with an intensity of 45% of the reserve heart rate (calculation of the reserve heart rate using the formula Karonen and it was calculated as resting heart rate + percentage of training intensity * (resting heart rate - maximum heart rate) = reserve heart rate (15)) in the overload phase which was in (second, third, fourth, fifth week), gradually During four weeks, the intensity and duration of the activity was increased until it reached the final amount of 50 minutes with an intensity of 65% of the reserve heart rate. In the phase of maintaining and stabilizing the load (sixth to eighth week), the training continued with the same intensity until eight weeks ended.

The second group was implemented in three stages with the Pilates training protocol, which included eight weeks and three days a week. In the familiarization stage (first week), the subjects worked every day for 30 minutes with an intensity of 45% of the reserve heart rate. In the overload stage (second, third, fourth, fifth week), the intensity and duration of the activity was gradually increased during four weeks. It reached the final amount of 50 minutes with an intensity of 65% of the reserve heart rate. In the phase of maintaining and stabilizing the load (sixth to eighth week), the training continued with the same intensity until eight weeks ended.

Statistical methods:

The normality of the data distribution was checked with the Shapiro-Wilk test and the LUNE test was used to check the homogeneity of variances. Due to the normality of data distribution and homogeneity of variances, one-way analysis of variance was used at a significance level of $p < 0.05$.

Results:

The results of one-way analysis of variance showed that eight weeks of aerobic exercises and pilates caused a significant decrease in the level of PAI-1 and insulin resistance index in women with type 2 diabetes, and also the level of SIRT-1 increased significantly compared to the control group.

Conclusion:

According to the results obtained in the present study, it can be said that aerobic exercises and pilates can have a significant effect on the improvement of diabetes conditions, such as insulin resistance and plasminogen activator inhibitor-1, as well as a significant increase in sirtuin-1. to those suffering from this disease.

Key words:

Pilates training, aerobic training, sirtuin-1, plasminogen activator inhibitor-1, insulin resistance

مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش

سال یازدهم، شماره دوم؛

پاییز و زمستان ۱۴۰۳؛ صفحات ۱-۱۱

Open Access

مقاله پژوهشی

تأثیر تمرینات پیلاتس و هوازی بر سطح سرمی سیرتوئین-۱، مهارکننده فعال کننده پلاسمینوژن-۱ و شاخص مقاومت به انسولین در زنان مبتلا به دیابت نوع دو

صادق چراغ بیرجندی^{۱*}، علی خیراندیش^۲، سیده سپیده تارا^۳، سیده سحر شریفیان^۴، حلیمه مسعودی^۳، سارا اصغری^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۰۴

چکیده

هدف: دیابت سبب بروز طیف گسترده‌ای از مشکلات جدی سلامتی در انسان می‌شود. سیرتوئین-۱ و مهارکننده فعال کننده پلاسمینوژن-۱ پروتئین‌هایی هستند که می‌توانند به کاهش عوارض بیماری دیابت نوع ۲ کمک نمایند. هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات پیلاتس و هوازی بر سطوح سرمی سیرتوئین-۱ و مهارکننده فعال کننده پلاسمینوژن-۱ و شاخص مقاومت به انسولین در زنان مبتلا به دیابت نوع دوم بود. **روش شناسی:** در این پژوهش نیمه‌تجربی، تعداد ۳۳ نفر از زنان مبتلا به دیابت نوع دوم (میانگین سن: $60/91 \pm 2/37$ سال و میانگین BMI: $29/89 \pm 3/46$ کیلوگرم بر متر مربع) بر اساس نمونه‌گیری در دسترس و هدفمند انتخاب شدند و به صورت تصادفی ساده، در سه گروه ۱۱ نفری هوازی، پیلاتس و کنترل قرار گرفتند. گروه پیلاتس، حرکات رشته پیلاتس را با شدت ۴۵ تا ۶۵ درصد ضربان قلب ذخیره و گروه هوازی، تمرینات دویدن و حرکات نرمشی را با همان شدت، به مدت هشت هفته و سه جلسه در هفته (در مجموع ۲۴ جلسه) انجام دادند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس یکطرفه و آزمون تعقیبی توکی انجام شد. **یافته‌ها:** نتایج پژوهش حاضر نشان دهنده تفاوت معنادار گروه‌های تمرین با گروه کنترل در متغیرهای وابسته پژوهش بود به طوری که سطوح سیرتوئین-۱ ($p=0/001$) در گروه‌های تمرین افزایش معنادار و مهارکننده فعال کننده پلاسمینوژن-۱ ($p=0/001$) و مقاومت به انسولین ($p=0/001$) در این گروه‌ها کاهش معناداری داشت. **نتیجه گیری:** تمرینات هوازی و پیلاتس با تأثیر معنادار عوامل موثر در بهبود شرایط بیماری دیابت، می‌تواند تأثیر بسزایی در کمک به مبتلایان به این بیماری داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: تمرینات پیلاتس، تمرینات هوازی، سیرتوئین-۱، مهارکننده فعال کننده

پلاسمینوژن-۱، مقاومت به انسولین

نحوه ارجاع: چراغ بیرجندی، صادق. خیراندیش، علی. تارا، سیده سپیده. شریفیان، سیده سحر. مسعودی، حلیمه. اصغری، سارا. "تأثیر تمرینات پیلاتس و هوازی بر سطح سرمی سیرتوئین-۱، مهارکننده فعال کننده پلاسمینوژن-۱ و شاخص مقاومت به انسولین در زنان مبتلا به دیابت نوع دو". مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش. ۱۴۰۳؛ ۱۱ (۲): ۱-۱۱.

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

شاپای الکترونیکی: ۶۵۰۷-۲۶۷۶

نوع دسترسی: آزاد

DOI: 10.22049/JAHSSP.2024.29241.1610



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

۱. استادیار فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد بجنورد، دانشگاه آزاد اسلامی، بجنورد، ایران. (نویسنده مسئول): (s_birjandi2001@yahoo.com)
۲. استادیار رفتار حرکتی، دانشگاه صنعتی بیرجند، بیرجند، ایران.
۳. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد بجنورد، دانشگاه آزاد اسلامی، بجنورد، ایران.
۴. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد بجنورد، دانشگاه آزاد اسلامی، بجنورد، ایران.



بافت چربی ترشح می‌شود. از فعالیت مهارکننده‌های آنژیوژنزی جلوگیری کرده و به عنوان یک سوئیچ آنژیوژنیک^{۱۳} عمل می‌کند. سهم PAI-1 مشتق شده از بافت چربی به مقادیر در گردش، موازی با افزایش در اندازه سلول چربی و توده بافت چربی است. تولید PAI-1 از بافت چربی به علت چاقی افزایش می‌یابد، زیرا افزایش در توده چربی و فعال شدن وضعیت پیش التهابی به واسطه آدیپوکاین‌ها در ریز محیط بافت چربی افزایش می‌یابد. مشخص شده است که با کاهش PAI-1، عدم تحمل گلوکز و مقاومت به انسولین ناشی از چاقی با رژیم غذایی با چربی بالا در موش‌ها بهبود می‌یابد. همچنین در چندین مطالعه گزارش شده است که PAI-1 در درمان دیابت، مانند درمان با رژیم غذایی و فعالیت ورزشی ارتباط دارد (۵). در مطالعات مختلف یک رابطه معکوس بین PAI-1 و SIRT-1 در آترواسکلروز^{۱۴} مشاهده شده است (۶). PAI-1، مهم‌ترین مهارکننده سیستم فیبرینولیز^{۱۵} است که از طریق مهار فعال کننده پلاسمینوژن بافتی عمل می‌کند، بنابراین افزایش PAI-1 عامل خطری برای ترومبوز و آترواسکلروز است (۷). در مقابل SIRT-1 به وضعیت ردوکس^{۱۶} بسیار حساس است و از قلب و عملکرد عروقی در مقابل با آثار زیان بار ROS^{۱۷} محافظت می‌کند. SIRT-1 در قلب، پروتئین‌های پیش آپوپتوزی را تنظیم منفی می‌کند و بیان پروتئین‌های ضد آپوپتوزی را افزایش می‌دهد (۸). مقاومت به انسولین^{۱۸} نیز به عنوان یکی از عوارض چاقی و اضافه وزن با کاهش پاسخ گیرنده‌های دیوار سلولی به انسولین در خون ایجاد می‌شود و باعث افزایش قند خون و افزایش غلظت اسیدهای چرب آزاد می‌شود (۹). تمرین هوازی بهترین مدل تمرینی مورد مطالعه در مداخلات مرتبط با بیماران دیابتی است. این مدل تمرینی، با به کارگیری گروه های عضلانی بزرگ می‌تواند بسیاری از عوارض جانبی مرتبط با این بیماری را نظیر نوروپاتی محیطی^{۱۹}، کلیوی، میوپاتی^{۲۰} عضلانی و عوارض مرتبط با مشکلات قلبی-عروقی مانند هیپرتروفی^{۲۱} پاتولوژیک را بهبود بخشد (۱۰). همچنین کاهش مشکلات هیجانی، توانایی کنترل بهتر قند خون را برای بیماران دیابتی به همراه دارد. پیلاتس^{۲۲} مجموعه‌ای از تمرینات تخصصی است که بدن و مغز را طوری درگیر می‌کند که قدرت، استقامت و انعطاف‌پذیری بدن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. برخلاف بیشتر ورزش‌های دیگر که تنها به بعد جسمی فرد توجه

مقدمه

دیابت^۱ یک بیماری متابولیک است که شیوع آن در جهان رو به افزایش می‌باشد. در این بیماری قند خون بیمار افزایش می‌یابد و عوارض دراز مدتی شامل نارسایی قلبی عروقی، نارسایی کلیوی و کاهش فعالیت عصبی به دنبال دارد. دیابت عوارض زیادی را به دنبال داشته که تاثیر بسیاری بر کیفیت زندگی فرد و خانواده به جای می‌گذارد و هزینه گزافی را بر فرد و اقتصاد جامعه تحمیل می‌کند (۱). سیرتوئین-۱ (SIRT-1)^۲ یک داستیلاز^۳ وابسته به NAD^۴ است که محدودیت کالری بیان آن را افزایش می‌دهد. SIRT-1 بخشی از پروتئین داستیلازهای وابسته به نیکوتین امید آدنین دی نوکلئوتید^۴ (NADH/NAD) که فرایندهای مهم سلولی مانند مرگ سلول، ترشح انسولین و سوخت و ساز بدن را تنظیم و همچنین در راستای کنترل هموستاز عمل می‌کند و همچنین از طریق داستیلاز کردن هیستون‌ها^۵ در اعمال حیاتی بسیاری، از جمله کنترل اکسایش چربی‌ها نقش دارد. بیش بیانی SIRT-1 موجب بهبود حساسیت به انسولین و هموستاز گلوکز می‌شود؛ لذا می‌تواند هدف درمانی جدیدی در راستای پیشگیری و درمان سندرم متابولیک^۶ در نظر گرفته شود (۲). سرکوب SIRT-1 موجب ایجاد التهاب سیستمیک، افزایش استرس اکسیداتیو و کاهش سوخت و ساز هوازی می‌شود و این پروتئین از طریق سرکوب کردن گیرنده‌های فعال کننده تکثیر پروکسی زوم^۷ گاما^۸ و داستیله کردن و فعال کردن گیرنده فعال شده تکثیر پروکسی زومی باعث افزایش تولید میتوکندری‌ها و در نهایت افزایش سرعت متابولیسم بدن می‌شود. مطالعات قبلی نشان داده است که افزایش بیان SIRT-1 به‌طور قابل توجهی باعث افزایش بقای سلولی، کاهش آپوپتوز سلولی و کاهش رها سازی سایتوکاین‌های^۹ پیش التهابی می‌شود (۳). به علاوه SIRT-1 یک تنظیم کننده کلیدی گلوکونوژنز^{۱۰} و متابولیسم اسید چرب است (۴). مهارکننده فعال کننده پلاسمینوژن-۱ (PAI-1)^{۱۱}، یک آدیپوکاین^{۱۲} و گلیکوپروتئین^{۱۳} تک زنجیره‌ای ۴۷ کیلو دالتونی (kDa-47) است که به طور مستقیم توسط

^{۱۳}. Glycoprotein

^{۱۴}. angiogenic switch

^{۱۵}. atherosclerosis

^{۱۶}. fibrinolysis

^{۱۷}. redox state

^{۱۸}. reactive oxygen species (ROS)

^{۱۹}. Insulin resistance (IR)

^{۲۰}. Peripheral neuropathy

^{۲۱}. Myopathy

^{۲۲}. Hypertrophy

^{۲۳}. Pilates

^۱. diabetes

^۲. Sirtuin-1 (SIRT-1)

^۳. deacetylase

^۴. Nicotinamide adenine dinucleotide (NAD)

^۵. Histone

^۶. Metabolic syndrome

^۷. Peroxisome proliferator-activated receptors (PPARs)

^۸. Cytokine

^۹. Gluconeogenesis

^{۱۰}. plasminogen activator inhibitor type 1 (PAI-1)

^{۱۱}. Adipokine



و بعد از پروتکل تمرینی اندازه‌گیری شدند. نمونه‌گیری خون در دو مرحله (۲۴ ساعت قبل از اولین جلسه تمرین و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین) پس از ۱۰ تا ۱۲ ساعت ناشتایی (بین ساعت ۸ تا ۱۰ صبح) انجام گرفت. خونگیری از آزمودنی‌ها در حالت نشسته و به میزان ۱۰ میلی لیتر از ورید بازویی آزمودنی‌ها و توسط متخصص انجام شد. نمونه‌های خونی به‌دست آمده پس از ۵ دقیقه قرار گرفتن در دمای محیط و به‌دست آمدن لخته، برای جداسازی سرم با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید و سرم به‌دست آمده برای سنجش سطح سرمی SIRT-1، PAI-1، انسولین و گلوکز مورد استفاده قرار گرفت. سطح سرمی SIRT-1 و PAI-1 با استفاده از کیت الایزا مخصوص نمونه‌های انسانی ساخت شرکت زل بابو^۵ آلمان و دستگاه الایزا ریدر STAT-FAX ساخت کشور آمریکا اندازه‌گیری شد. سطح انسولین و گلوکز به روش آنزیمی و توسط اتوآنالایزر اندازه‌گیری شد. برای ارزیابی مقاومت به انسولین از روش مدل ارزیابی طبق فرمول زیر استفاده شد (۱۴).

گلوکز ناشتا (میلی مول بر لیتر) ×

$$\text{HOMA-IR} = \frac{\text{انسولین ناشتا (میکرو واحد بر لیتر)}}{(14/1)}$$

لازم به ذکر است که قبل از هر جلسه تمرین، برنامه گرم کردن شامل دویدن با شدت ملایم و حرکات نرمشی و کششی به مدت ده دقیقه و بعد از هر جلسه تمرین، سرد کردن شامل حرکات کششی به مدت ۵ دقیقه انجام شد. پروتکل تمرین هوازی، شامل هشت هفته دویدن هوازی (سه روز در هفته)، همراه با اضافه بار که در هفته ی اول آزمودنی‌ها هر روز به مدت ۳۰ دقیقه با شدت ۴۵٪ ضربان قلب ذخیره فعالیت کردند (محاسبه ضربان قلب ذخیره با استفاده از فرمول کارون^۶ و به‌صورت ضربان قلب استراحت + درصد شدت تمرین * (ضربان قلب استراحت - ضربان قلب بیشینه) = ضربان قلب ذخیره محاسبه گردید (۱۵)) در مرحله ی اضافه بار که در (هفته دوم، سوم، چهارم، پنجم) بود، به تدریج طی چهار هفته به شدت و مدت فعالیت افزوده شد تا به میزان نهایی ۵۰ دقیقه با شدت ۶۵٪ ضربان قلب ذخیره رسید. در مرحله حفظ و تثبیت بار (هفته ششم تا هشتم) تمرین با همین شدت ادامه یافت تا هشت هفته به پایان رسید (۱۶). بر اساس دستورالعمل انجمن قلب آمریکا (AHA)^۷ این شدت معادل شدت فعالیت مناسبی برای بیماران دیابتی است (۱۷). گروه دوم با پروتکل تمرین پیلاتس که کل دوره ی تمرینی نیز شامل هشت هفته و سه روز در هفته بود در سه مرحله اجرا شد. در مرحله ی آشنایی (هفته ی اول) آزمودنی‌ها هر روز به مدت ۳۰ دقیقه با شدت ۴۵٪ ضربان قلب ذخیره فعالیت کردند.

می‌کنند این ورزش هم‌زمان علاوه بر جسم به بعد روانی فرد نیز توجه می‌کند و بر پایه هم‌هنگی بین جسم و روان می‌باشد (۱۱).
کردی و همکاران (۲۰۲۳) نشان دادند که چهار هفته تمرین تناوبی شدید^۱ (میان مدت) موجب کاهش معنادار PAI-1 و بهبود فرایند فیبریولیز در زنان چاق کم تحرک شد ولی تمرین تناوبی شدید (کوتاه مدت) موجب افزایش معنادار PAI-1 شد (۷). سوپریا^۲ و همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان دادند که یک سال تمرین یوگا^۳ با کاهش PAI-1 و دور کمر بزرگسالان مبتلا به سندروم متابولیک با فشار خون نرمال همراه بوده است (۱۲)، اما ما^۴ و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که تمرینات با شدت کم و با شدت بالا به مدت چهار هفته باعث افزایش توان هوازی در مردان جوان شده، ولی سطح سرمی SIRT-1 پس از این تمرینات تغییر معناداری نکرده است (۱۳). از آنجا که مطالعات محدودی در مورد تأثیر فعالیت‌های مختلف ورزشی مختلف از جمله پیلاتس بر سطح سرمی SIRT-1 و PAI-1 در افراد دیابتی انجام شده است. مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر هشت هفته فعالیت هوازی و پیلاتس بر سطح سرمی SIRT-1، PAI-1 و شاخص مقاومت به انسولین پلاسمای زنان مبتلا به دیابت نوع دو انجام شد.

روش پژوهش

در این مطالعه نیمه تجربی با طرح پیش آزمون-پس آزمون، ۳۳ نفر از زنان ۵۰ تا ۶۵ سال مبتلا به دیابت نوع دو، پس از هماهنگی با انجمن دیابت و همچنین پس از اخذ رضایت نامه کتبی و آگاهانه انتخاب شدند. آزمودنی‌ها به صورت تصادفی ساده به سه گروه ۱۱ نفری کنترل، پیلاتس و هوازی تقسیم شدند (جدول ۱).

معیارهای ورود به مطالعه حاضر، داشتن حداقل سه سال سابقه بیماری دیابت و گلوکز خون ناشتایی بیش از ۱۲۶ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر، عدم مصرف انسولین تزریقی، عدم استفاده از هر گونه مواد مخدر، برخورداری از سلامت قلبی-عروقی و ریوی، نداشتن هر گونه آسیب اسکلتی و عضلانی و عدم شرکت در فعالیت‌های منظم ورزشی بودند. معیارهای خروج از مطالعه شامل عدم تمایل آزمودنی‌ها به ادامه همکاری، بروز هر نوع آسیب دیدگی در حین تمرینات و تشخیص پزشک متخصص برای عدم انجام فعالیت ورزشی توسط آزمودنی‌ها بود. خوشبختانه مورد خروج از مطالعه وجود نداشت. قبل از شروع مطالعه تمامی آزمودنی‌ها توسط پزشک متخصص معاینه شدند و مجوز انجام فعالیت‌های ورزشی برایشان صادر گردید. شاخص‌های آنتروپومتری نظیر قد، وزن و شاخص توده بدن، قبل

^۵. ZellBio

^۶. Karvonen

^۷. The American Heart Association

^۱. High intensity interval training (HIIT)

^۲. Supriya

^۳. Yoga

^۴. Ma



متخصص و انجمن دیابت استان خراسان شمالی انجام شده است و دارای تاییدیه اخلاق داخلی گروه تربیت بدنی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد با کد ۱۴۰۱/۲۵ می‌باشد.

یافته‌ها

نتایج تحلیل واریانس یک طرفه (جدول شماره ۲) نشان داد که هشت هفته تمرینات هوازی و پيلاتس سبب کاهش معنادار سطح PAI-1 و شاخص مقاومت به انسولین زنان مبتلا به دیابت نوع دو شده ($p < 0.05$) و همچنین سطح SIRT-1 به طور معنادار در مقایسه با گروه کنترل افزایش یافت ($p < 0.05$). بر همین اساس جهت بررسی اختلاف بین گروه‌ها از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد که در جدول شماره ۳ گزارش شده است.

نتایج (جدول شماره ۳) آزمون توکی نشان داد بین گروه تمرین هوازی و پيلاتس با گروه کنترل در بیان ژن PAI-1 و SIRT-1 و شاخص مقاومت به انسولین زنان مبتلا به دیابت نوع دو تفاوت معناداری وجود دارد ($p = 0.001$)، ($p = 0.001$)، ($p = 0.001$)، اما بین گروه‌های تجربی تفاوت معناداری وجود نداشت ($p = 0.824$)، ($p = 0.999$)، ($p = 0.999$).

در مرحله‌ی اضافه بار (هفته دوم، سوم، چهارم، پنجم) به تدریج طی چهار هفته به شدت و مدت فعالیت افزوده شد. تا به میزان نهایی ۵۰ دقیقه با شدت ۶۵٪ ضربان قلب ذخیره رسید. در مرحله حفظ و تثبیت بار (هفته ششم تا هشتم) تمرین با همین شدت ادامه یافت تا هشت هفته به پایان رسید. پروتکل تمرین پيلاتس شامل حرکات ساده‌ای بود که طبق اصل ویژگی تمرین بیشتر عضلات تنه، عرض شکمی، مایل داخلی و خارجی، دیافراگم، مربع کمری، سרینی، درگیر می‌شود. هر جلسه تمرین با گرم کردن آغاز شد با حرکات کششی ادامه پیدا کرد، سپس حرکات قدرتی و در نهایت مرحله سرد کردن انجام گرفت (۱۸). ضربان قلب برای تعدادی از آزمودنی‌ها به صورت جداگانه با استفاده از دستگاه ضربان سنج پولار ساخت کشور آلمان، کنترل گردید و برای تعدادی نیز از در بین ست‌های تمرین از نبض گردنی استفاده شد. از آمار توصیفی برای بررسی میانگین و انحراف استاندارد و درصد تغییرات ویژگی‌های فیزیولوژیکی (شاخص‌های آنترپومتری و متغیرهای خونی) استفاده گردید. طبیعی بودن توزیع داده‌ها با آزمون شاپیروویلک^۱ بررسی شد و از آزمون لون^۲ برای بررسی همگنی واریانس‌ها استفاده گردید. با توجه به طبیعی بودن توزیع داده‌ها و همگنی واریانس‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه^۳ در سطح معناداری $p < 0.05$ استفاده گردید.

ملاحظات اخلاقی :

در مطالعه حاضر کلیه موازین و ملاحظات اخلاقی رعایت شده است. از همه آزمودنی‌ها رضایت نامه کتبی آگاهانه شرکت در پژوهش اخذ گردید. همچنین تمامی آزمودنی‌ها مختار بودند که در هر زمانی که بخواهند از ادامه شرکت در تحقیق انصراف دهند. مطالعه حاضر زیر نظر پزشک

جدول ۱- شاخص‌های آنترپومتری آزمودنی‌ها (میانگین ± انحراف استاندارد) در پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه‌ها

میانگین و انحراف استاندارد گروه‌ها			نوبت آزمون	متغیرها
پيلاتس	هوازی	کنترل		
۶۰/۸۲±۲/۳۶	۶۰/۳۶±۳/۱۴	۶۰/۵۵±۳/۲۶۷	-	سن (سال)
۱۵۶±۴/۴۷	۱۵۴/۳۷±۵/۴۵	۱۵۵/۱۵±۶/۲۰	-	قد (سانتی متر)
۶۹/۲۰±۹/۸۵	۶۶/۸۸±۱۰/۳۶	۷۴/۰۱۸±۸/۱۵	پیش آزمون	وزن (کیلوگرم)
۶۷/۴۹±۱۰/۰۳۲	۶۵/۳۹±۱۰/۰۱	۷۴/۶۸±۹/۳۴	پس آزمون	
-۲/۴۷	-۳/۶۷	۰/۸۹	درصد تغییرات	
۲۸/۲۴±۳/۳۳	۲۸/۴۹±۴/۴۲	۳۰/۹۲±۴/۵۳	پیش آزمون	نمایه توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)
۲۷/۵۵±۳/۳۱	۲۷/۶۳±۴/۱۴	۳۱/۶۴±۴/۹۳	پس آزمون	

^۳. ANOVA

^۱. Shapiro-Wilk Test

^۲. Levene



-۲/۴۴	-۳/۰۲	۲/۳۳	درصد تغییرات
-------	-------	------	--------------

جدول ۲- نتایج آزمون آنالیز واریانس مقایسه‌های برون گروهی متغیرهای تحقیق در پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه‌ها

P	F	میانگین و انحراف استاندارد		گروه	متغیر
		پس آزمون	پیش آزمون		
* .۰/۰۱	۱/۹۲۴	۷/۴۰ ± ۲/۰۹	۷/۴۳ ± ۲/۱۸	کنترل	SIRT-1 (ng/ml)
		۹/۵۴ ± ۰/۹۱	۷/۰۷ ± ۰/۹۸	هوازی	
		۹/۰۱ ± ۴/۰۱	۸/۱۳ ± ۴/۹۴	پيلاتس	
* .۰/۰۱	۰/۴۴۷	۸/۳۴ ± ۲/۰۸	۱۰/۲۱ ± ۲/۵۱	کنترل	PAI-1 (ng/ml)
		۷/۰۲ ± ۲/۱۵	۸/۴ ± ۲/۱۶	هوازی	
		۷/۳۶ ± ۴/۴	۹/۰۸ ± ۴/۸۶	پيلاتس	
* .۰/۰۱	۳/۴۰۹	۹۹/۲۵ ± ۳۵/۲۶	۱۰۰/۴۳ ± ۳۶/۳۶	کنترل	مقاومت به انسولین (Homa-IR)
		۷۹/۳۸ ± ۴۲/۶۸	۸۱/۴۱ ± ۴۵/۷۳	هوازی	
		۱۰۳/۳۲ ± ۱۰۰/۴۲	۱۱۳/۸۶ ± ۱۰۷/۸۹	پيلاتس	

* نشان دهنده تفاوت معنادار

جدول شماره ۳: نتایج آزمون تعقیبی توکی جهت بررسی اختلاف میانگین بین گروه‌ها

p	اختلاف میانگین	تمرین	گروه	بیان ژن
* .۰/۰۰۱	۲/۱۴	هوازی	کنترل	SIRT-1
* .۰/۰۰۱	۱/۶۱	پيلاتس		
۰/۲۷۹	۰/۵۳	پيلاتس		
* .۰/۰۰۱	۱/۳۲	هوازی	کنترل	PAI-1
* .۰/۰۰۱	۰/۹۸	پيلاتس		
۰/۶۹۳	۰/۳۴	پيلاتس		
* .۰/۰۰۱	۱۹/۸۷	هوازی	کنترل	مقاومت به انسولین
* .۰/۰۰۱	۴/۰۷	پيلاتس		
۰/۰۸	۲۳/۹۴	پيلاتس		

($p < 0.05$) و همچنین سطح SIRT-1 به طور معنادار در مقایسه با گروه کنترل افزایش یافت ($p < 0.05$). یافته‌های حاصل از مقایسه بین گروه‌ها نیز نشان داد که بین تمرینات هوازی و پیلاتس بر سطح سرمی SIRT-1، مهار کننده فعال PAI-1 و شاخص مقاومت به انسولین زنان مبتلا به دیابت نوع دو تفاوت معناداری وجود ندارد ($p > 0.05$). یافته‌های مطالعه حاضر با یافته‌های خرقانی و رضائیان (۲۰۲۳) همخوانی دارد. آن‌ها نشان دادند که هشت هفته تمرین هوازی موجب افزایش معنادار در سطح سرمی SIRT-

بحث

هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر تمرینات پیلاتس و هوازی بر سطح سرمی سیرتوئین-۱، مهار کننده فعال کننده پلاسمینوژن-۱ و شاخص مقاومت به انسولین در زنان مبتلا به دیابت نوع دو بود. نتایج نشان داد که اجرای هشت هفته تمرینات پیلاتس و هوازی موجب کاهش معنادار سطح PAI-1 و شاخص مقاومت به انسولین زنان مبتلا به دیابت نوع دو شده



کاهش معنادار در سطوح PAI-1 می‌شود (۲۲). از مطالعات ناهمسو با پژوهش حاضر می‌توان به تحقیق ساکت^۴ و همکاران (۲۰۲۰) اشاره کرد که نشان دادند هشت هفته تمرین تناوبی شدید بر ظرفیت فیبرینولیز (t-PA^۵ و PAI-1) مردان بزرگسال تأثیری ندارد. با بررسی دقیق پژوهش‌های انجام گرفته می‌توان تفاوت در نتایج را با عواملی مثل برنامه تمرینی، وضعیت تمرینی آزمودنی‌ها و سلامت آن‌ها مرتبط دانست. مطالعات نشان می‌دهند که تأثیر فعالیت بدنی شدید بر سیستم فیبرینولیتیکی در افراد سالم و بیمار متفاوت است (۲۳). کردی و همکاران (۲۰۲۳) نیز نشان دادند که سطوح PAI-1 در هر دو گروه تمرین HIIT1 (کوتاه مدت) و HIIT2 (میان مدت) به ترتیب افزایش و کاهش معناداری از خود نشان داد. پس می‌توان گفت مدت زمان تمرینی کمتر در گروه HIIT1 نسبت به گروه HIIT2 از دلایل احتمالی افزایش معنادار PAI-1 در گروه HIIT1 است (۷). خادمی و همکاران (۲۰۲۱) هم دریافتند که مقادیر PAI-1 تمرین مقاومتی بعد از هشت هفته، تغییرات معناداری نداشت (تغییرات درون گروهی)، درحالی که اجرای هشت هفته تمرین هوازی میزان این مارکر را به طور معناداری افزایش داد (تغییرات درون گروهی). در مقایسه بین گروهی نیز مشاهده شد که تمرین هوازی و مقاومتی موجب افزایش معنادار PAI-1 نسبت به گروه کنترل شد. نتایج تغییرات در سطوح PAI-1 پژوهش حاضر برخلاف نتایج سایر پژوهش‌هاست. احتمالاً علت افزایش این مارکر انعقادی در پی تمرینات استقامتی و مقاومتی، به مدت زمان هر دو نوع تمرین نسبت داده می‌شود، زیرا در سایر تحقیقات، معمولاً طول دوره تمرین ۱۲ تا ۱۶ هفته بود (۲۴). همسو با پژوهش حاضر نصرتی هشی و همکاران (۲۰۲۳) نشان دادند که یک دوره تمرین راه رفتن می‌تواند منجر به بهبود مقاومت انسولینی و تغییرپذیری ضربان قلب در سالمندان با بیماری دیابتی نوع دو شود (۹). خلیلی نژاد و همکاران (۲۰۲۳) نیز دریافتند که شش هفته تمرینات شنا می‌تواند منجر به کاهش معنادار در سطوح سرمی IR شود (۲۵). با وجود اینکه بسیاری از مطالعات نشان دادند در اثر فعالیت ورزشی، مقاومت به انسولین بهبود می‌یابد، در مطالعه استپتو^۶ و همکاران (۲۰۲۰) با عنوان تمرین و مقاومت به انسولین در افراد مبتلا به PCOS طی ۱۲ هفته تمرین استقامتی، میزان IR تغییر نکرد. با توجه به اینکه PCOS موجب کاهش در سیگنالینگ mTOR^۷ می‌شود و مطالعات نشان داده اند در اثر تمرینات هوازی این نقص سیگنالینگ بهبود می‌یابد،

۱ و کاهش معنادار مقاومت به انسولین در مردان چاق مبتلا به دیابت نوع دو شد (۱۹). امیری و همکاران (۲۰۲۲) نیز نشان دادند که هشت هفته تمرین تناوبی منجر به افزایش معنادار در سطح سرمی SIRT-1 در مردان سالمند غیر فعال شد (۳). در مطالعه دلیر و همکاران (۲۰۲۰)، سطوح SIRT-1 در بافت هیپوکمپ رت‌های مبتلا به بیماری آلزایمر به دنبال چهار هفته تمرین هوازی افزایش یافت که با گزارشات دیگر محققین همسو است. این محققین نشان دادند که تمرین هوازی با افزایش سطوح SIRT-1 پروتئین‌های درگیر در تولید آمیلوئید بتا^۱ را به صورت منفی تنظیم می‌کند و بار آمیلوئیدی را کاهش می‌دهد (۲۰). یافته‌های ما و همکاران (۲۰۱۳) با یافته‌های تحقیق حاضر ناهمسو بود. آن‌ها عدم تغییر سطوح SIRT-1 را در اثر چهار هفته تمرین با شدت ۱۷۰ درصد توان اوج روی چرخ کارسنج بر روی هشت مرد جوان فعال را گزارش دادند. به نظر می‌رسد دلیل ناهمسویی یافته‌های پژوهش حاضر با پژوهش فوق، تفاوت در نوع آزمودنی‌ها و پروتکل ورزشی، سطح آمادگی جسمانی، زمان پروتکل و شدت متفاوت بوده است (۱۳). از دیگر مطالعات همسو با مطالعه حاضر می‌توان به پژوهش حبیبی ملکی و همکاران (۲۰۲۰) اشاره کرد. آنان اثبات کردند که دوازده هفته تمرین تناوبی با شدت بالا^۲ (HICT) و تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) به طور معناداری وزن و سطوح PAI-1 در چربی احشایی را در رت‌های چاق کاهش می‌دهد. به نظر می‌رسد از جمله عوامل مؤثر در کنترل ریسک فاکتورهای قلبی - عروقی ناشی از چاقی (مانند PAI-1) فعالیت ورزشی است که با متابولیسم مناسب چربی‌ها و افزایش فاکتورهای رگ‌زایی (مانند VEGF^۳) از بافت چربی مانع القای التهاب در بدن می‌شوند. همچنین از جمله تأثیرات تمرین ورزشی طولانی مدت، کنترل و کاهش وزن است. به نظر می‌رسد تغییرات وزنی گروه‌های تمرینی این پژوهش نیز از جمله عوامل تأثیرگذار بر PAI-1 بوده باشد، زیرا در این زمینه گزارش شده است که کاهش وزن بدن به کاهش مقادیر در گردش PAI-1 در بیماران چاق منجر می‌شود و مقادیر PAI-1 با بازگشت وزن بدن افزایش می‌یابد (۵). اسمیت و همکاران (۲۰۲۳) نیز بیان کردند که با توجه به رابطه PAI-1 با درصد چربی، به نظر می‌رسد یک دوره تمرین مقاومتی و هوازی می‌تواند در کاهش چربی بدن و نیز کاهش غلظت PAI-1 مؤثر باشد (۲۱). همچنین رضایی‌منش و امیری‌فارسانی (۲۰۲۲) دریافتند که هشت هفته تمرین هوازی منتخب در آب موجب

^۵. Tissue plasminogen activator (t-PA)

^۶. Stepto

^۷. polycystic ovary syndrome (PCOS)

^۸. Mammalian target of rapamycin (mTOR)

^۱. Amyloid beta

^۲. high intensity continuous training (HICT)

^۳. Vascular Endothelial Growth Factor (VEGF)

^۴. Sackett



تشکر و قدردانی

از تمامی آزمودنی‌های شرکت کننده و کسانی که ما را در اجرای این تحقیق یاری رساندند، نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

تضاد منافع

نویسندگان این مقاله، هیچ نفع متقابلی از انتشار آن ندارند.

Different Protocols of High-Intensity Interval Training (HIIT) on Some Coagulation and Fibrinolytic Factors in Overweight Young Women. 2023. [In Persian]

8. Habibvand S, Nouri R, Gaeini A. The effect of 8 weeks of vitamin D supplementation and aerobic exercise on sirtuin-1 protein levels and oxidative stress markers of myocardial tissue in middle-aged male rats. *Journal of Sport and Exercise Physiology*. 2023;16(1):12-22. [In Persian]

9. Nosrati Hashi A, Bolboli L. THE EFFECT OF WALKING EXERCISE ON INSULIN RESISTANCE, LIPID PROFILE AND HEART RATE VARIABILITY IN THE ELDERLY WITH TYPE 2 DIABETES. *Studies in Medical Sciences*. 2023;34(7):383-96. [In Persian]

10. Aghaei N, Sherafati Moghadam M, Daryanoosh F, Shadmehri S, Jahani Golbar S. THE EFFECT OF 4 WEEKS' AEROBIC TRAINING ON THE CONTENT OF MTORC1 SIGNALING PATHWAY PROTEINS IN HEART TISSUE OF TYPE 1 DIABETES RATS. *Iranian Journal of Diabetes and Metabolism*. 2019;18(3):116-25. [In Persian]

11. Taghadosi M, Mirbagher Ajorpaz N, Torabian M, Sedaghati P. Investigating the effect of Pilates exercises on anxiety in women with diabetes type II. *Complementary Medicine Journal of faculty of Nursing & Midwifery*. 2014;4(1):687-99.

12. Supriya R, Yu AP, Lee PH, Lai CW, Cheng KK, Yau SY, et al. Yoga training modulates adipokines in adults with high-normal blood pressure and metabolic syndrome. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2018;28(3):1130-8.

اما هیچ تفاوتی در فعالیت AKT^۱ و بیان GLUT-4^۲ که در مسیر سلولی مولکولی IR دخیل است، به وجود نیامد. ممکن است این نتایج متناقض، به دلیل تعداد کم آزمودنی‌ها باشد (۲۶).

نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر می‌توان گفت که تمرینات هوازی و پيلاتس با کاهش معنادار عوامل موثر در بهبود شرایط بیماری دیابت مانند مقاومت به انسولین و مهارکننده فعال کننده پلاسمینوژن-۱ و همچنین افزایش معنادار سیرتوئین-۱، می‌تواند تأثیر بسزایی در کمک به مبتلایان به این بیماری داشته باشد.

Reference

1. Delpisheh M, Firouzkouhi M, Rahnama M, Badakhsh M, Abdollahimohammad A. Prevalence of gestational diabetes Mellitus in Iran: a systematic review and Meta-analysis study. 2022. [In Persian]
2. Kazemi SS, Heidarianpour A, Naddaf H, Mehri F, Naderifar H. Effect of Combined Exercise Training and Curcumin Supplementation on Metabolic Indices and Serum Levels of Sirtuin 1 in Men with Metabolic Syndrome. *Avicenna Journal of Clinical Medicine*. 2023;30(1):21-9. [In Persian]
3. Amiri R, Makipour F, Bostani M. The effect of eight weeks of interval training on plasma levels of sirtuin 1 and sirtuin 3 proteins in inactive elderly men. 2022. [In Persian]
4. Ranaei M, Yaghoubi A, Cheragh-Birjandi S. Effect of High-Intensity Interval Training and Portulaca Oleracea extract on Sirtuin1 Level and Insulin Resistance in Rats with Non-Alcoholic Fatty Liver Disease. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2022;9(2):188-200. [In Persian]
5. Habibi Maleki A, Tofighi A, Ghaderi Pakdel F, Tolouei Azar J. The effect of 12 weeks of high intensity interval training and high intensity continuous training on vegf, pedf and pai-1 levels of visceral and subcutaneous adipose tissues in rats fed with high fat diet. *Sport Physiology & Management Investigations*. 2020;12(1):101-20. [In Persian]
6. Zhang S, Wu P, Liu J, Du Y, Yang Z. Roflumilast attenuates doxorubicin-induced cardiotoxicity by targeting inflammation and cellular senescence in cardiomyocytes mediated by SIRT1. *Drug Design, Development and Therapy*. 2021:87-97.
7. Kordi MR, Dokhtabdiyan R, Ahmadi A, Soori R, Akvan A. Comparison of the Effects of Two

^۲. insulin-regulated glucose transporter

^۱. Protein kinase B (PKB)



23. Sackett JR, Farrell DP, Nagelkirk PR. Hemostatic adaptations to high intensity interval training in healthy adult men. *International Journal of Sports Medicine*. 2020;41(12):867-72.
24. Khademi A, Tofighi A, Tolouei Azar J, Saify Nabiabad H, Nouri Habashi A. The Effect of Aerobic and Resistance Training on Some Coagulation (PAI-1, Fibrinogen, PT, PTT) and Fibrinolysis (t-PA, Plasminogen and D-Dimer) Factors in Sedentary Obese Women. *Journal of Sport Biosciences*. 2021;13(1):39-57. [In Persian]
25. Khalilinejad M, Gholami M, Shah Mohammadi Dermeni F, Ghazalian F. The Effect of Swimming Training on the Insulin Resistance and Expression of Adiponectin and APPL-1 Liver Genes Following Induced Polycystic Ovary Syndrome in Rats. *The Iranian Journal of Obstetrics, Gynecology and Infertility*. 2023;26(1):40-53. [In Persian]
26. Stepto N, Hiam D, Gibson-Helm M, Cassar S, Harrison C, Hutchison S, et al. Exercise and insulin resistance in PCOS: muscle insulin signalling and fibrosis. *Endocrine connections*. 2020;9(4):346.
13. Ma JK, Scribbans TD, Edgett BA, Boyd JC, Simpson CA, Little JP, et al. Extremely low-volume, high-intensity interval training improves exercise capacity and increases mitochondrial protein content in human skeletal muscle. *Open Journal of Molecular and Integrative Physiology*. 2013;2013.
14. Dehbashi M, Fathi M, Attarzadeh Hosseini SR, Mosaferi Ziaaldini M. The Effect of Eight Weeks Endurance Training, Somatropin Injection, and Its Lipolytic Fragment (AOD9604) on Cytokeratin-18 and Liver Enzymes of Mice Induced Liver Damage Due to a High-Fat Diet. *Internal Medicine Today*. 2021;27(4):502-17. [In Persian]
15. Kamali K, Abbasi Dalooi A, Abdi A, Ziaolhagh SJ, Barari A. Effect of 8-weeks aerobic training on undercarboxylated osteocalcin, hs-CRP and insulin resistance in overweight women. *Journal of Sabzevar University of Medical Sciences*. 2015;22(5):823-31.
16. Altalhi R, Pechlivani N, Ajjan RA. PAI-1 in diabetes: pathophysiology and role as a therapeutic target. *International journal of molecular sciences*. 2021;22(6):3170.
17. Siahkoughian M, Ebrahimi-Torkmani B. Effect of 8-week Aerobic Exercise on Anthropometric Indices, Atherogenic Index of Plasma and Some Cardiovascular Risk Factors in Inactive Men. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2021;10(3):446-57. [In Persian]
18. Shadmehri S, Aghaei F, Mirfallah Lialestani SN. The effect of silymarin and pilates training on anthropometric indices, blood sugar and some liver enzymes in diabetic women with obesity. *Sport Physiology & Management Investigations*. 2022;14(1):113-25. [In Persian]
19. Kharghani A, Rezaeian N. Effect of Aerobic Training on Serum Levels of Sirtuin1 and Insulin Resistance in Obese Men with Type 2 Diabetes. *Journal of Applied Exercise Physiology*. 2022;18(35):153-64. [In Persian]
20. Dalir T, Gharakhanlou R, Peeri M, MATIN HH. The Effect of Four Weeks of Aerobic Training on the Expression of Sirt1, CREB and BDNF Genes in Hippocampus of Male Wistar Rats with Alzheimer', s Disease. 2020. [In Persian]
21. Smith DL, Fernhall B. Advanced cardiovascular exercise physiology: *Human Kinetics*; 2023.
22. REZAEIMANESH D, Amiri FP. The effect of eight weeks of aquatic exercise on fibrinolytic (t-PA, PAI-1, t-PA/PAI-1 complex and D-dimer) indexes in retired athletes. 2022. [In Persian]