**Research Paper**

# The Effect of Twelve Weeks of Resistance Band Training on Levels of Spexin and Markers of Insulin Resistance in Women with Type 2 Diabetes

**Azizeh Toghdori [1], Keyvan Hejazi [*2], Roya Askari [3], Najmeh Rahimi [4]**

1. MSc, Department of Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
2. Assistant professor, Department of Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
3. Associate professor, Department of Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
4. Assistant professor, Department of Internal Medicine, Vasei Hospital, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran

**Received:** 202۴/01/22 **Accepted:** 2024/03/11

## Abstract

**Introduction:** Diabetes can be a life-threatening condition, and maintaining blood sugar levels, proper nutrition, and regular physical activity are crucial for controlling diabetes and preventing its complications. The present study aimed to investigate the effect of twelve weeks of resistance band training on the levels of spexin and insulin resistance indices in women with type 2 diabetes.

**Materials and Methods:** In this semi-experimental study, 22 women with type 2 diabetes were randomly divided into two groups: resistance band (n=11) and control (n=11). The exercise program consisted of 12 weeks, three sessions per week, and each session lasted for 45 to 60 minutes. One-way ANOVA with repeated measures was used for within- and between-group changes.

**Results:** The results showed that the interaction changes in serum spexin levels were significant between the experimental and control groups (p=0.012). However, no significant changes were observed in glucose (p=0.229), insulin (p=0.116), and insulin resistance index (p=0.178). Within-group changes in the insulin resistance index were significant (p=0.04). According to the Bonferroni post-hoc test, there was no significant difference in serum spexin level between pre-test and the eighth week (p=0.141) and between pre-test and the twelfth week (p=0.429).

**Conclusion:** Resistance band training, compared to the control group, significantly increased spexin and led to a considerable improvement in fasting glucose concentration, insulin, and insulin resistance index. Therefore, it is suggested that resistance band training can be implemented as a suitable alternative to home-based resistance training for individuals with type 2 diabetes.

***Corresponding Author:** Keyvan Hejazi
**Address:** Hakim Sabzevari University, Tohid Shahr, Sabzevar; Department of Physical Education and Sport Sciences.

**Tel:** +98 (51) 44012676
**E-mail:** k.hejazi@hsu.ac.ir

**Keywords:** Resistance exercise, Spexin, Insulin resistance, Type 2 diabetes

**How to cite this article:** Toghdori A., Hejazi K., Askari R., Rahimi N. The Effect of Twelve Weeks of Resistance Band Training on Levels of Spexin and Markers of Insulin Resistance in Women with Type 2 Diabetes, Journal of Sabzevar University of Medical Sciences, 2024; 31(3):272-286.

Copyright © 2024 Sabzevar University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution- Non Commercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.
Published by Sabzevar University of Medical Sciences.

## `Introduction

Type 2 diabetes (T2DM) is a global disease. The onset of type 2 diabetes is often marked by symptoms such as decreased serum levels of spexin and increased insulin resistance. Spexin acts as an active peptide that plays a crucial role in controlling glucose metabolism and energy balance. It serves as a natural ligand for galanin, a factor that has been linked to type 2 diabetes and metabolic syndrome. Galanin and spexin work together to improve peripheral insulin function, regulate the expression of the glucose transporter type 4 (GLUT4) membrane, and ultimately have positive effects on glucose tolerance. The significant relationship between spexin, glucose, and blood lipids suggests that this peptide may have a key role in glucose and lipid metabolism in type 2 diabetes. The benefits of exercise in enhancing glucose homeostasis and insulin resistance in adults with type 2 diabetes are well-documented. The improvement in insulin sensitivity and beta-cell function resulting from exercise is independent of weight loss. Various types of exercise have been shown to enhance insulin sensitivity and contribute to improved blood sugar control in patients with type 2 diabetes. While aerobic and resistance exercises have been extensively studied and proven beneficial for improving insulin sensitivity, the effects of resistance band exercises have not been widely researched. Factors such as high costs, time constraints for exercise, and the lack of access to fitness equipment often deter patients from engaging in physical activities. Consequently, offering a simple and accessible exercise program may represent an ideal therapeutic intervention for women with type 2 diabetes. Resistance band exercises, unlike traditional weightlifting equipment or free weights, provide a cost-effective and convenient option for enhancing muscle fitness and blood sugar regulation. These bands are more affordable, portable, and user-friendly. Despite these advantages, there is a scarcity of studies investigating the effects of resistance band exercises on biochemical parameters such as serum spexin and markers of insulin resistance. Therefore, the present study aimed to explore the impact of twelve weeks of resistance band training on serum levels of spexin and insulin resistance markers in women with type 2 diabetes.

## Methodology

The present study was applied research with a semi-experimental design using a time series in three stages: initially, at the end of eight weeks, and at 12 weeks, with two comparison groups. The statistical population of this research consisted of women with type 2 diabetes in Sabzevar city. The sample of the present study included 22 women with type 2 diabetes in Sabzevar, who were purposefully selected and randomly assigned to two groups: resistance band group (n=11) and control group (n=11). This article is derived from a master's thesis and has the ethics code IR.HSU.REC.1402.002.

In the first stage, individuals were familiarized with the nature and method of participating in the research. Based on the diagnosis of an endocrinologist, the inclusion criteria for the study included: absence of limb amputation, foot ulcers, upper limb neuropathy or restrictive arthritis pain, non-diabetic neuropathy, body mass index between 25 to 29.9 kg/m², at least one year of disease history, not being an athlete, and no regular physical activity in the six months prior to the exercise program, as well as no chronic diseases (cardiovascular, renal), and consistent use of blood sugar-lowering medications under the supervision of an endocrinologist. Additionally, the Michigan Neuropathy Screening Instrument (MNSI) questionnaire was used for the initial screening to diagnose the presence or absence of neuropathy. The criteria for exiting the study included non-participation in two exercise sessions, incidence of cardiovascular, renal, or hepatic diseases, neuromuscular disability during exercise, chest pain during exercise, and history of smoking. The participants voluntarily participated in the research based on the research conditions and signed the informed consent form.

At the beginning and after the eight and 12-week interventions, the participants were evaluated. Body weight (in kilograms) and height (in centimeters) were measured using a digital scale and a height gauge. Body mass index was calculated by dividing weight (in kilograms) by the square of height (in meters).

Blood samples were collected at the beginning (24 hours before the first exercise session) and at the end of eight weeks and 12 weeks (48 hours after the last exercise session) after 10 to 12 hours of fasting. Participation in physical activities was also monitored.

Participants were prohibited from engaging in strenuous physical activity or using any medication 48 hours before the test. Blood samples were kept stationary for 15 minutes prior to analysis. Blood glucose was estimated using the Pars Azmoon kit (Iran) with the enzymatic method. Insulin levels were measured using the ELISA method and the Saman Tejareh Noor kit (CAT No: 58K2B1, Tehran, Iran). The levels of spexin were measured using a kit from ZellBio, made in Germany, using the ELISA laboratory method. The measurement of insulin resistance index was determined using the HOMA-IR equation 1:

Equation 1: HOMA-IR = [Fasting glucose (millimoles per liter) × Fasting insulin (micro units per liter)] / 22.5

Participants attended exercise sessions for 12 weeks and three days per week, for 45 to 60 minutes per session. The number of sets of exercises remained constant, with the number of repetitions being eight for the first two weeks, and increasing to the initial number of repetitions for the third week and beyond. Initially, the Borg scale was used to determine the resistance perceived for each individual, then band resistance was added.

After collecting and entering the data into the SPSS software version 26, the raw data was analyzed. The Shapiro-Wilk test was used to confirm the normality assumption of the data, and the Levene's test was used to check the equality of variances. One way ANOVA with repeated measures was used to compare the means between the two groups at three measurement stages (pre, end of 8 weeks, and 12 weeks) for intra- and inter-group changes. A significance level of $p < 0.05$ was considered as the decision criterion for determining the significance of the differences.

## Results

The analysis reported significant intragroup changes in insulin resistance index based on the one-way ANOVA with repeated measures (p=0.04). Additionally, significant between-group changes in serum spexin levels were observed in the experimental and control groups, indicated by the group × stages interaction with a significance level of p=0.012.

Furthermore, Bonferroni's post hoc test revealed significant differences in certain parameters at specific time points. There were notable variances in insulin levels between the pre-test and eighth week (p=0.022), insulin resistance index between the pre-test and eighth week (p=0.011), and between the pre-test and twelfth week (p=0.041), as outlined in Table 1.

**Table 1. Comparison of intra and intragroup mean changes in serum spexin levels and glycemic markers in women with type 2 diabetes**

| Variables | Groups | Stages | | | P-Value** | Time P-Value | Group P-Value | Time × Group P-Value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pre-test M±SD* | 8th Week M±SD* | 12th Week M±SD* | | | | |
| Glucose (mmol/L) | Exercise | 7.49±0.36 | 6.79±1.36 | 6.20±0.69 | 0.07 | 0.303 | 0.033 | 0.229 |
| | Control | 8.20±2.13 | 8.36±3.02 | 8.29±1.51 | | | | |
| Insulin (Microunit /L) | Exercise | 10.65±7.44 | 7.22±3.34 | 6.85±2.18 | 0.08 | 0.03 | 0.836 | 0.116 |
| | Control | 8.98±4.24 | 7.95±5.52 | 8.88±3.24 | | | | |
| HOMA-IR | Exercise | 3.40±2.31 | 2.11±0.93 | 1.89±0.70 | 0.04 | 0.006 | 0.279 | 0.178 |
| | Control | 3.45±2.21 | 2.68±1.64 | 3.18±1.05 | | | | |
| Spixin (Piccogram/ml) | Exercise | 135.72±19.29 | 157.72±25.11 | 154.09±13.38 | 0.42 | 0.295 | 0.022 | 0.012† |
| | Control | 143.09±16.17 | 137.18±13.32 | 131.27±17.28 | | | | |

† A significant level P<0.05 *Data presented as mean ± standard deviation ** P- Value within group

## Discussion

The present study results showed that 12 weeks of resistance band training led to a significant increase in serum spexin levels in women with type 2 diabetes. A study investigating the effect of physical exercise on increasing spexin levels in obese groups showed that physical activity increases spexin levels in obese participants, regardless of whether they have diabetes or not. This study also demonstrated that physical activity significantly increases blood spexin levels while simultaneously improving clinical and metabolic indicators. Additionally, spexin levels increase

with a decrease in C-reactive protein levels. Therefore, it seems that exercise has a positive effect on spexin levels, which in turn can affect metabolism and body composition. The intensity of exercise can also impact spexin secretion. For example, high-intensity interval training stimulates spexin secretion along with other beneficial metabolic responses. It is believed that this increase is due to rapid changes in energy demand during intense exercises, which can stimulate the body's metabolic systems for adaptation and increased spexin secretion. Based on the findings of the present study, a significant decrease in the insulin resistance index was found. There are also significant differences between insulin levels at baseline and week eight, as well as between insulin levels at baseline and week twelve, indicating changes in the insulin resistance index. Insulin receptors, specifically tyrosine kinases, play a key role in glucose homeostasis mediated by insulin and cell growth. Disruption in insulin receptor binding mainly refers to a reduced affinity and number of target receptors on the cell membrane or structural abnormalities of the target receptors that affect insulin binding. The insulin receptor substrate protein is generally considered a node in the insulin signaling system closely associated with the development of insulin insensitivity.

## Conclusion

Overall, the data indicates that resistance band exercises lead to a significant increase in serum spexin levels and a decrease in fasting glucose, insulin, and insulin resistance index when compared to the control group. Therefore, recommending 12 weeks of resistance band exercises may be beneficial for improving blood sugar control and serum spexin levels in individuals with type 2 diabetes. These interventions show promise as a potentially suitable therapeutic approach for managing type 2 diabetes

## Acknowledgment

We would like to thank all the people who cooperated in this research.

**Conflict of Interest:** The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this manuscript.

مقاله پژوهشی

# تأثیر دوازده هفته تمرین باند مقاومتی بر سطوح اسپکسین و نشانگرهای مقاومت به انسولین زنان مبتلا به دیابت نوع دو

عزیزه توغدری [۱]، کیوان حجازی [۲*]، رویا عسکری [۳]، نجمه رحیمی [۴]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
۲. استادیار، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
۳. دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
۴. استادیار، گروه متابولیسم و غدد بزرگسالان، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، سبزوار، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۱

* نویسندهٔ مسئول: کیوان حجازی
**نشانی:** سبزوار- توحید شهر- پردیس دانشگاه، دانشکده علوم ورزشی
**تلفن:** ۰۹۱۵۱۲۵۳۵۱۳
**رایانامه:** k.hejazi@hsu.ac.ir
**شناسه ORCID:** 0000-0002-4590-8018
**شناسه ORCID نویسنده اول:** 0009-0005-1684-8529

## چکیده

**زمینه و هدف:** دیابت می‌تواند عامل تهدیدکننده‌ای برای زندگی باشد و حفظ سطح قند خون، تغذیه مناسب و فعالیت‌بدنی منظم برای کنترل دیابت و پیشگیری از عوارض آن، بسیار حیاتی است. هدف از تحقیق حاضر، بررسی تأثیر دوازده هفته تمرین باند مقاومتی بر سطوح اسپکسین و نشانگرهای مقاومت به انسولین زنان مبتلا به دیابت نوع دو بود.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه نیمه‌تجربی،۲۲ زن مبتلا به بیماری دیابت نوع دو به‌صورت تصادفی در دو گروه باند مقاومتی (۱۱ نفر) و کنترل (۱۱ نفر) تقسیم شدند. برنامه تمرینی شامل ۱۲ هفته، هرهفته سه جلسه و هرجلسه به مدت۴۵ تا ۶۰ دقیقه انجام شد. از روش آنالیز واریانس یک‌طرفه با اندازه‌های تکراری برای تغییرات درون و بین گروهی استفاده شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد تغییرات تعاملی در سطوح اسپکسین سرمی در دو گروه تجربی و کنترل معنادار بود (p=۰/۰۱۲). در صورتی که تغییر معنی‌داری در گلوکز (p=۰/۲۲۹)، انسولین (p=۰/۱۱۶) و شاخص مقاومت به انسولین دیده نشد (p=۰/۱۷۸). تغییرات درون‌گروهی در شاخص مقاومت به انسولین معنی‌دار است (p=۰/۰۴). براساس نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی، سطح اسپکسین سرمی بین پیش‌آزمون با هفته هشتم (p=۰/۱۴۱) و بین پیش‌آزمون و هفته دوازدهم (p=۰/۴۲۹) تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

**نتیجه‌گیری:** تمرینات باند مقاومتی نسبت به گروه کنترل باعث افزایش معنی‌دار اسپکسین و بهبود قابل‌توجهی در غلظت گلوکز ناشتا، انسولین، شاخص مقاومت به انسولین می‌شود. بنابراین احتمالاً اجرای تمرینات باند مقاومتی به عنوان جایگزین مناسبی برای تمرینات مقاومتی در خانه در میان افراد مبتلا به دیابت نوع دو پیشنهاد می‌شود.

**کلیدواژه‌ها:**
تمرین مقاومتی، اسپکسین، مقاومت به انسولین، دیابت نوع دو

## مقدمه

دیابت نوع ۲ (T2DM) یک بیماری جهانی است. سازمان بهداشت جهانی گزارش می‌دهد که تعداد افراد مبتلا به دیابت از ۱۰۸ میلیون نفر در سال ۱۹۸۰ به ۴۲۲ میلیون نفر در سال ۲۰۱۴ رسیده است و دیابت، هفتمین علت مرگ‌ومیر در سال ۲۰۳۰ خواهد بود. دیابت ۵/۴ درصد از جمعیت بزرگسال را تشکیل خواهد داد (۱). دیابت نوع دو با اختلالات در متابولیسم

Copyright © 2024 Sabzevar University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution- Non Commercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.
Published by Sabzevar University of Medical Sciences.

گلوکز و لیپید همراه است که معمولاً به دلیل سبک زندگی بی‌تحرک و افزایش مصرف مواد غذایی ایجاد می‌شود (۲). بروز بیماری دیابت نوع دو همراه با علائمی همچون کاهش سطوح سرمی اسپکسین و افزایش مقاومت به انسولین همراه است (۳, ۴).

اسپکسین به عنوان یک پپتید فعال در کنترل متابولیسم گلوکز و تعادل انرژی می‌باشد. اسپکسین لیگاند طبیعی برای گالانین ۳/۲ است. گزارش شده است که گالانین با دیابت نوع دو و سندرم متابولیک، همبستگی مثبت دارد (۵, ۶). گالانین و اسپکسین عملکرد انسولین محیطی را بهبود می‌بخشد و بیان غشای ناقل گلوکز نوع ۴ (GLUT4 [1]) را تنظیم می‌کند و در نهایت منجر به آثار مثبت بر تحمل گلوکز می‌شود (۷). ارتباط معنی‌دار بین اسپکسین و گلوکز و لیپیدهای خون نشان می‌دهد که پپتید ممکن است نقش مهمی در متابولیسم گلوکز و لیپید در دیابت نوع دوم داشته باشد (۸). همچنین بیان شده است اسپکسین سلامت سلول‌های بتا را ارتقا می‌دهد و از آپوپتوز سلول‌های بتا که مشخصه همه انواع دیابت است، جلوگیری می‌کند. به‌علاوه باعث افزایش زنده‌ماندن و تکثیر سلول‌های جزایر پانکراس می‌گردد. حضور اسپکسین در سلول‌های جزایر بتا بر همکنش‌های مهم اتوکرین و پاراکرین در داخل و بین سلول‌های جزایر غدد درون‌ریز تأثیر می‌گذارد (۹, ۱۰). در سطح جزایر پانکراس، عملکرد اسپکسین مشابه گالانین است و ترشح انسولین ناشی از گلوکز را نیز در شرایط آزمایشگاهی مهار می‌کند (۱۰, ۱۱). بنابراین، مزایای گالانین و اسپکسین در دیابت نوع دو می‌تواند تا حدی با القای سلول‌های بتا مرتبط باشد که می‌تواند به بهبود کنترل پایدار گلیسمی در شرایط استرس متابولیک و همچنین بهبود عملکرد انسولین کمک کند (۱۲).

مزایای ورزش برای بهبود هموستاز گلوکز و مقاومت به انسولین برای بزرگسالان دارای دیابت نوع دو به‌خوبی ثابت شده است که با بهبود حساسیت به انسولین و عملکرد سلول‌های بتا پس از تمرین ورزشی مستقل از کاهش وزن بدن همراه می‌باشد (۱۳, ۱۴). علاوه براین، فعالیت‌های بدنی با شدت متوسط می‌تواند به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای خطر ابتلا به دیابت را کاهش دهد (۱۵). انواع تمرینات ورزشی به‌طور مؤثر حساسیت به انسولین را بهبود می‌بخشند و باعث کنترل بهتر قند خون در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ می‌شوند. در حالی که تمرینات هوازی و مقاومتی به‌طور گسترده بررسی شده‌اند و نشان داده شده است که برای بهبود حساسیت به انسولین مفید است (۱۶-۱۸) اما اجرای تمرینات باند مقاومتی به‌طور گسترده مورد تحقیق قرار نگرفته است. جالب توجه است که اجرای تمرین باند مقاومتی می‌تواند در بهبود پروفایل گلیسمی (۱۹) و نشانگرهای مقاومت به انسولین در بیماران دیابتی نوع دو مؤثر باشد (۲۰). در این زمینه، ونو [2] و همکاران (۲۰۲۴) با بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین‌های هوازی شامل دویدن، گام برداشتن، تمرینات پرشی و حرکات ساده رقص همراه با پیاده‌روی تند در بیماران دیابت نوع دو به این نتیجه رسیدند که اجرای تمرینات هوازی و پیاده‌روی تند به‌طور قابل‌توجهی وزن بدن، سطح قند خون، فشار خون سیستولیک و دیاستولیک را کاهش می‌دهد (۱۷). اوی [3] و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی تأثیر ۱۶ هفته تمرینات باند مقاومتی بر هموستاز گلوکز و عوامل خطر قلبی- عروقی در سالمندان مبتلا به دیابت نوع دوم پرداختند. نتایج نشان داد در سطوح HbA1c، قند خون ناشتا و فشار خون سیستولیک پس از ۱۶ هفته مداخله کاهش معنی‌داری مشاهده شد (۲۰). در مقابل، گریندودیت [4] و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای گزارش کردند ۱۲ هفته تمرین مقاومتی (۳ بار در هفته؛ سه ست، شش تا هشت تکرار در ۷۵ تا ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه) در بیماران مبتلا به پیش‌دیابت یا دیابت نوع ۲ در مقایسه با افراد سالم منجر به عدم تغییر معنی‌دار سطوح گلوکز ناشتا یا HbA1C در بیماران دیابتی در مقایسه با افراد سالم شد (۲۱).

به‌طور خلاصه، از آن‌جایی که شرکت در یک برنامه تمرینی توسط بسیاری از افراد بیمار، مشکل تلقی می‌شود، تا حدی به دلیل موانع مختلف مانند هزینه زیاد، زمان‌بندی لازم برای اجرای تمرینات و تجهیزات غیرقابل دسترس در مکان‌های ورزشی، بیماران از شرکت در فعالیت‌های بدنی اجتناب می‌کنند. بر این اساس، ارائه یک برنامه ورزشی راحت و دردسترس ممکن است یک مداخله درمانی ایدئال برای زنان مبتلا به بیماری دیابت نوع ۲ باشد. تمرین با باند مقاومتی (باند الاستیک) برخلاف دستگاه‌های بدنسازی و یا وزنه‌های آزاد به‌عنوان یک مداخله ورزشی مقرون‌به‌صرفه و راحت ارائه شده است که ممکن است برای بهبود تناسب اندام عضلانی و قند خون مفید باشد (۲۲, ۲۳). باندهای مقاومتی ارزان‌تر، قابل‌حمل‌تر و استفاده آسان‌تر هستند (۲۴). با این حال، مطالعات کمی (۲۵, ۲۶) تأثیرات تمرینات ورزشی باند مقاومتی را بر پارامترهای بیوشیمیایی همچون اسپکسین سرمی و نشانگرهای مقاومت به انسولین در مدت ۱۲ هفته بررسی کرده‌اند. بنابراین، این مطالعه با هدف بررسی تأثیر دوازده هفته تمرین باند مقاومتی بر سطوح

1 Insulin-regulated glucose transporter
2 Vinu
3 Ooi
4 Geirsdottir

سرمی اسپکسین و نشانگرهای مقاومت به انسولین زنان مبتلا به دیابت نوع دو بود.

## ۲. مواد و روش

تحقیق حاضر از نوع کاربردی و روش نیمه‌تجربی با طرح سری‌های زمانی در سه مرحله، ابتدا، پایان هشت هفته و ۱۲ هفته با دو گروه مقایسه شدند. جامعه آماری این تحقیق را زنان دارای بیماری دیابت نوع ۲ شهرستان سبزوار تشکیل می‌دادند. نمونه‌های تحقیق حاضر ۲۲ نفر از زنان دارای بیماری دیابت نوع ۲ شهر سبزوار بود که به‌صورت هدفمند انتخاب و به‌صورت تصادفی در دو گروه تقسیم شدند. گروه‌های موجود در این تحقیق شامل گروه باند مقاومتی (۱۱ نفر) و کنترل (۱۱ نفر) بود. تعداد نمونه‌ها با نرم‌افزار G.POWER 3.1 محاسبه شد. حجم نمونه بر اساس مطالعه چارینگ و همکاران (۲۰۱۹) تعیین شد (۲۷). بر این اساس سطح آلفا ۰/۰۵ و توان آماری ۰/۸۵ درنظر گرفته شد و بر این اساس تعداد نمونه توصیه‌شده توسط نرم‌افزار، ۲۲ نفر برآورد شد که با درنظرگرفتن احتمال ریزش تعداد نمونه‌ها در طول پژوهش، تعداد ۲۶ نفر به‌صورت داوطلبانه انتخاب شدند و در پژوهش حاضر شرکت کردند. برای این منظور در سال ۱۴۰۲ با مراجعه به انجمن بیماران دیابت شهرستان سبزوار و کلینیک‌های تخصصی غدد درون‌ریز، از داوطلبان زن برای شرکت در مطالعه دعوت شد و ثبت‌نام به عمل آمد. این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد و دارای کد اخلاق IR.HSU.REC.1402.002 است.

در مرحله نخست افراد با ماهیت و نحوه همکاری با اجرای پژوهش آشنا شدند. براساس تشخیص پزشک متخصص، معیارهای ورود به تحقیق شامل نداشتن قطعی عضو، زخم کف پایی، نوروپاتی بالاتنه یا وجود آرتریتی محدودکننده درد، نوروپاتی غیردیابتی، شاخص توده بدنی بین ۲۵ تا ۲۹/۹ کیلوگرم بر مترمربع، داشتن سابقه حداقل یک سال از بیماری، ورزشکار نبودن و نداشتن فعالیت منظم ورزشی در شش ماه قبل از اجرای برنامه تمرینی، مبتلانبودن به بیماری‌های مزمن (قلبی- عروقی و کلیوی) و استفاده یکسان از داروهای کاهنده قندخون، تحت نظرات پزشک متخصص غدد بود. همچنین، در غربالگری اولیه برای تشخیص وجود یا نبود نوروپاتی، از پرسش‌نامه نوروپاتی میشیگان[1] (MNSI) استفاده شد. وجود نوروپاتی یعنی کسب امتیاز بالاتر از ۲ در بخش معاینه بالینی پرسش‌نامه نوروپاتی میشیگان به‌عنوان خط برش درنظر گرفته شد. معیارهای خروج از تحقیق عبارتند از: دو جلسه شرکت‌نکردن در تمرینات، ابتلا به بیماری‌های قلبی- عروقی، کلیوی، کبدی، ناتوانی عصبی عضلانی در اجرای تمرینات ورزشی، درد قفسه سینه به هنگام انجام تمرینات ورزشی و سابقه استعمال دخانیات بود. نمونه‌ها براساس شرایط تحقیق به‌صورت داوطلبانه در تحقیق، شرکت و فرم رضایت‌نامه را آگاهانه امضا کردند.

در ابتدا و بعد از مداخله هشت و ۱۲ هفته‌ای، شرکت‌کنندگان ارزیابی شدند. وزن بدن (کیلوگرم) و قد (سانتی‌متر) به‌ترتیب با استفاده از ترازوی دیجیتال و قدسنج با مارک سکا ساخت کشور آلمان اندازه‌گیری شد. شاخص توده بدنی از طریق تقسیم وزن (کیلوگرم) بر مجذور قد (متر) برحسب کیلوگرم بر مترمربع با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد.

قد (متر)۲ / وزن (کیلوگرم) = شاخص توده بدنی (کیلوگرم / مترمربع) :معادله ۱

نمونه خون در ابتدا (۲۴ ساعت قبل از اولین جلسه تمرینی) و هشت هفته و پایان ۱۲ هفته (۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین) بعد از ۱۰ الی ۱۲ ساعت ناشتایی جمع‌آوری شد. شرکت در فعالیت بدنی شدید یا استفاده از هر دارویی برای شرکت‌کنندگان در ۴۸ ساعت قبل از آزمایش ممنوع بود. نمونه‌های خونی قبل از تجزیه‌وتحلیل به مدت ۱۵ دقیقه بدون حرکت نگهداری شدند. سرم با سانتریفیوژ در ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه جدا شد و سپس تا زمان سنجش در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. گلوکز خون با استفاده از کیت پارس آزمون (ایران) با روش آنزیمی برآورد شد. میزان حساسیت کمتر از ۲ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر و تغییرات درون سنجش کمتر از ۱/۸۲ درصد بود. سطوح انسولین با استفاده از روش الایزا و کیت سامان تجهیز نور (شماره CAT: K2B158، تهران، ایران) اندازه‌گیری شد. سطوح اسپکسین توسط کیت زلبایو ساخت کشور آلمان توسط روش آزمایشگاهی الایزا اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری شاخص مقاومت به انسولین از معادله HOMA-IR ، استفاده شد (معادله ۲) (۲۸).

= معادله ۲] =HOMA-IRگلوکز ناشتا (میلی‌مول/لیتر)× ( انسولین ناشتا(میکرو یونیت/لیتر)/[۲۲.۵

شرکت‌کنندگان به مدت ۱۲ هفته و سه روز در هفته، در

1 Michigan Neuropathy Screening Instrument

جلسات تمرینی شرکت داشتند. هر جلسه تمرین به مدت ۴۵ تا ۶۰ دقیقه به طول انجامید و شامل مراحل اصلی تمرین باند مقاومتی شامل گرم‌کردن، بخش اصلی تمرین، سردکردن و کشش بود. الف) گرم‌کردن ۸ تا ۱۰ دقیقه به طول انجامید و با حرکات اولیه شامل راه‌رفتن، جاگینگ، حرکات کششی انجام شد. ب) بخش اصلی جلسه آموزشی در گروه باند مقاومتی شامل تعداد ۳ ست انجام حرکات ثابت، تعداد تکرار حرکات از هفته اول تا سوم ۸ تکرار، هفته چهارم ۱۰ تکرار، هفته پنجم ۱۲ تکرار، هفته ششم تا هشتم به‌ترتیب ۸، ۱۰ و ۱۲ تکرار، هفته نهم تا یازدهم به‌ترتیب ۸، ۱۰ و ۱۲ تکرار و هفته دوازدهم ۱۲ تکرار انجام شد. تعداد حرکات ۱۲ حرکت ثابت بود. زمان استراحت بین حرکات بین ۶۰ تا ۹۰ ثانیه بود. پروتکل تمرینی شامل: پرس شانه، شانه بالا انداختن، بالابردن جلو، بالا بردن جانبی، حلقه دوسر بازو، اکستنشن عضلات سه سر، لگد به عقب، خم‌شدن روی ردیف، ردیف نشسته، پرس سینه، پرس پا، اسکات، صبح بخیر، حلقه‌کردن شکم، لیفت لگن و کرانچ بود. برنامه تمرینی توسط باند الاستیک ساخت کشور چین با ابعاد ۰.۴×۱۵×۲۰۰ سانتی‌متر استفاده شد. رنگ مورداستفاده از رنگ زرد شروع شد و به رنگ سبز و سپس آبی ارتقا یافت. ج) در آخر ۱۰ دقیقه حرکات سردکردن انجام گرفت. ابتدا با استفاده از مقیاس درک فشار بورگ مقاومت مورداستفاده برای تمرین هر فرد مشخص شد، سپس به مقاومت باند مقاومتی اضافه گردید (جدول ۱).

**جدول ۱: برنامه تمرین باند مقاومتی در زنان مبتلا به دیابت نوع دو**

| | اول | دوم | سوم | چهارم | پنجم | ششم | هفتم | هشتم | نهم | دهم | یازدهم | دوازدهم |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تعداد جلسات در هفته | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ |
| تعداد تکرار حرکات | ۸ | ۸ | ۸ | ۱۰ | ۱۲ | ۸ | ۱۰ | ۱۲ | ۸ | ۱۰ | ۱۲ | ۱۲ |
| تعداد ست | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ |
| تعداد حرکات | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ |
| زمان استراحت بین حرکات (ثانیه) | ۹۰-۶۰ | ۹۰-۶۰ | ۹۰-۶۰ | ۹۰-۶۰ | ۹۰-۶۰ | ۹۰-۶۰ | ۹۰-۶۰ | ۹۰-۶۰ | ۹۰-۶۰ | ۹۰-۶۰ | ۹۰-۶۰ | ۹۰-۶۰ |
| استراحت بین ست (دقیقه) | ۲ | ۲ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| زمان گرم کردن (دقیقه) | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ |
| زمان سرد کردن (دقیقه) | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ |

داده‌ها در محیط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶، تجزیه‌وتحلیل شدند. برای تأیید فرض نرمال‌بودن داده توسط آزمون شاپیروویلک و برابری واریانس‌ها توسط آزمون لون استفاده شد. برای مقایسه میانگین‌های بین دو گروه در سه مرحله اندازه‌گیری (پیش، پایان ۸ و ۱۲ هفته) از روش آنالیز واریانس یک‌طرفه با اندازه‌های تکراری برای تغییرات درون و بین گروهی استفاده شد. به‌منظور ارزیابی مقایسه دو به دو گروه‌ها از آزمون تعقیبی بنفرونی استفاده شد. سطح معناداری $p<۰/۰۵$ به‌عنوان ضابطه تصمیم‌گیری برای تعیین معناداری تفاوت‌ها درنظر گرفته شد.

## ۳. یافته‌ها

ویژگی‌های فردی نمونه‌ها برگرفته از نتایج پیش‌آزمون در گروه بلند مقاومتی در متغیرهای وزن (۷۰/۰۳±۵/۰۶ کیلوگرم)، نمایه توده بدن (۲۷/۲۲±۲/۰۷ کیلوگرم بر مترمربع)، نسبت دور کمر به لگن (۰/۹۵±۰/۰۹سانتی‌متر)، و گروه کنترل در متغیرهای وزن (۶۷/۴۹±۴/۲۴ کیلوگرم)، نمایه توده بدن (۲۶/۷۶±۱/۸۰ کیلوگرم بر مترمربع)، نسبت دور کمر به لگن (۰/۹۷±۰/۰۴ سانتی‌متر)، بود. بر اساس نتایج آزمون آماری آنالیز واریانس یک‌طرفه با اندازه‌گیری تکراری، در جدول ۲ نشان داد تغییرات درون‌گروهی در شاخص مقاومت به انسولین معنی‌دار است ($p = ۰/۰۴$). تغییرات بین گروهی اسپکسین سرمی در دو گروه تجربی و کنترل (تعامل گروه × مراحل) پس از مداخله ۱۲ هفته‌ای معنادار بود ($p = ۰/۰۱۲$). براساس نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی، در سطوح اسپکسین سرمی بین پیش‌آزمون با هفته هشتم ($p = ۰/۱۴۱$)، بین پیش‌آزمون با هفته دوازدهم ($p = ۰/۴۲۹$) و بین هفته هشتم با هفته دوازدهم ($p = ۰/۴۲۲$) تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۳).

**جدول ۲: مقایسه تغییرات میانگین درون و بین گروهی سطوح سرمی اسپکسین و نشانگرهای قندی زنان مبتلا دیابت نوع دو**

| متغیرها | گروه‌ها | پیش آزمون (میانگین و انحراف استاندارد) | هفته هشتم (میانگین و انحراف استاندارد) | هفته دوازدهم (میانگین و انحراف استاندارد) | درون گروهی F | درون گروهی P | بین گروهی زمان | بین گروهی گروه | تغییرات سطح معنی داری تعامل زمان در گروه |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| گلوکز (میلی مول بر لیتر) | باند مقاومتی | ۷/۴۹±۰/۳۶ | ۶/۷۹±۱/۳۶ | ۶/۲۰±۰/۶۹ | ۳/۶۶ | ۰/۰۷ | ۰/۳۰۳ | ۰/۰۳۳ | ۰/۲۲۹ |
| | کنترل | ۸/۲۰±۲/۱۳ | ۸/۳۶±۳/۰۲ | ۸/۲۹±۱/۵۱ | | | | | |
| انسولین (میکرو یونیت/لیتر) | باند مقاومتی | ۱۰/۶۵±۷/۴۴ | ۷/۲۲±۳/۳۴ | ۶/۸۵±۲/۱۸ | ۳/۱۹ | ۰/۰۸ | ۰/۰۳ | ۰/۸۳۶ | ۰/۱۱۶ |
| | کنترل | ۸/۹۸±۴/۲۴ | ۷/۹۵±۵/۵۲ | ۸/۸۸±۳/۲۴ | | | | | |
| HOMA-IR | باند مقاومتی | ۳/۴۰±۲/۳۱ | ۲/۱۱±۰/۹۳ | ۱/۸۹±۰/۷۰ | ۴/۷۷ | ۰/۰۴ | ۰/۰۰۶ | ۰/۲۷۹ | ۰/۱۷۸ |
| | کنترل | ۳/۴۵±۲/۲۱ | ۲/۶۸±۱/۶۴ | ۳/۱۸±۱/۰۵ | | | | | |
| اسپکسین (پیکوگرم/میلی لیتر) | باند مقاومتی | ± ۱۹/۲۹ ۱۳۵/۷۲ | ± ۲۵/۱۱ ۱۵۷/۷۲ | ± ۱۳/۳۸ ۱۵۴/۰۹ | ۰/۶۵ | ۰/۴۲ | ۰/۲۹۵ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۱۲ |
| | کنترل | ± ۱۶/۱۷ ۱۴۳/۰۹ | ± ۱۳/۳۲ ۱۳۷/۱۸ | ± ۱۷/۲۸ ۱۳۱/۲۷ | | | | | |

* معنی داری در سطح P<۰/۰۵

**جدول ۳: نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی به منظور ارزیابی دو به دو گروه‌ها در سطوح سرمی اسپکسین زنان مبتلا به دیابت نوع دو**

| متغیر | زمان ۱ | زمان ۲ | اختلاف میانگین | سطح معنی داری |
|---|---|---|---|---|
| اسپکسین (پیکوگرم/میلی لیتر) | پیش آزمون | هفته هشتم | -۸/۰۴ | ۰/۱۴۱ |
| | | هفته داوزدهم | -۳/۲۷ | ۰/۴۲۹ |
| | هفته هشتم | هفته داوزدهم | ۴/۷۷ | ۰/۴۲۲ |

* معنی داری در سطح P<۰/۰۵

## ٤. بحث و نتیجه‌گیری

هدف از مطالعه حاضر، بررسی تأثیر دوازده هفته تمرین باند مقاومتی بر سطوح سرمی اسپکسین و نشانگرهای مقاومت به انسولین زنان مبتلا به دیابت نوع دو می‌باشد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد ۱۲ هفته تمرین باند مقاومتی باعث افزایش معنی‌دار سطوح اسپکسین سرمی در زنان دیابتی نوع دو شد. نتایج به‌دست‌آمده با یافته‌های شامی‌زاده و همکاران (۲۰۲۳) و کریمی و همکاران (۲۰۲۳) همخوانی دارد (۲۹, ۳۰). اما با یافته‌های سیلان[1] و همکاران (۲۰۲۰) و باقر سلیمی و همکاران (۲۰۱۷) همخوانی ندارد (۳۱, ۳۲). شامی‌زاده و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کردند هشت هفته تمرین هوازی و مقاومتی منجر به بهبود معنی‌داری فشار خون، انسولین، شاخص مقاومت به انسولین، آدروپین و سطح اسپکسین در مردان چاق مبتلا به دیابت نوع دو می‌شود (۲۹). کریمی و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای که به بررسی اثر هشت هفته تمرین استقامتی در نوبت صبح در مقایسه با نوبت عصر بر مقادیر اسپکسین و لپتین زنان چاق انجام دادند به این نتیجه رسیدند، مداخله تمرین در صبح و عصر منجر به کاهش معنادار مقادیر لپتین و افزایش معنی‌دار مقادیر اسپکسین گردید. در مقایسه بین تمرین صبح و عصر، تغییرات لپتین و اسپکسین در نوبت عصر بیشتر بود (۳۰). در مقابل، سیلان و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند تغییر معنی‌داری در سطوح اسپکسین سرمی به‌واسطه انجام‌دادن تمرین هوازی حاد در صبح در مقابل عصر در مردان بالغ دارای اضافه‌وزن و چاق دیده نشد (۳۱). همچنین در تحقیق، باقرسلیمی و همکاران (۲۰۱۷)، گزارش از معنی‌دارنبودن سطوح اسپکسین به‌واسطه انجام یک دوره تمرینات هوازی در دختران چاق دارای اضافه وزن نابالغ شد (۳۲). در این راستا، در مطالعه‌ای که به بررسی تأثیر تمرین بدنی باعث افزایش سطح اسپکسین در گروه‌های چاق شد، نشان داد که فعالیت بدنی سطوح اسپکسین را در شرکت‌کنندگان چاق افزایش می‌دهد، صرف نظر از اینکه آن‌ها دیابت دارند یا خیر. این مطالعه همچنین نشان داد که فعالیت‌بدنی به‌طور قابل‌توجهی سطح اسپکسین خون را با بهبود همزمان نشانگرهای بالینی و متابولیک افزایش می‌دهد. علاوه بر این، سطوح اسپکسین با کاهش سطوح پروتئین واکنشگر C افزایش می‌یابد (۳). در نتیجه، به‌نظر می‌رسد ورزش، تأثیر مثبتی بر سطوح اسپکسین دارد که به‌نوبه خود می‌تواند بر متابولیسم و ترکیب بدن تأثیرگذار باشد (۳). شدت تمرین می‌تواند بر ترشح اسپکسین نیز تأثیر بگذارد. برای مثال، تمرینات تناوبی با شدت بالا، ترشح اسپکسین را همراه با سایر پاسخ‌های متابولیکی مفید تحریک می‌کند. اعتقاد بر این است که این افزایش به‌دلیل تغییرات سریع در تقاضای انرژی در طول تمرینات شدید است که می‌تواند سیستم‌های متابولیک بدن را برای سازگاری و افزایش ترشح اسپکسین تحریک کند (۳). همچنین عوامل دیگری همچون شاخص توده بدن، جنسیت بیولوژیکی، نوع مصرف غذا و سن می‌تواند بر تغییرات سطوح اسپکسین تأثیر بگذارد. سطوح سرمی اسپکسین با شاخص توده بدنی، سطح تری‌گلیسرید و گلوکز، هموگلوبین گلیکوزیله، مقاومت به انسولین در بیماران چاق با و بدون ابتلا به دیابت نوع دو همبستگی منفی دارد (۳, ۸). ترشح اسپکسین به‌طور قابل‌توجهی تحت تأثیر جنسیت بیولوژیکی است. به‌طور خاص، میزان ترشح اسپکسین در زنان در مقایسه با مردان بیشتر است. این نشان می‌دهد که جنسیت می‌تواند نقش مهمی در تنظیم فرایندهای متابولیک، از جمله مواردی که توسط اسپکسین انجام می‌شود، بازی کند (۳۳). اسپکسین می‌تواند بر مصرف غذا تأثیر بگذارد، ترشح انسولین را تنظیم، لیپولیز را تحریک و لیپوژنز را در شرایط آزمایشگاهی مهار کند (۱۰, ۳۴). رژیم غذایی می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی بر سطح اسپکسین تأثیر بگذارد. رژیم غذایی سرشار از میوه‌ها، سبزیجات، پروتئین‌های بدون چربی و غلات کامل می‌تواند ترشح اسپکسین را تقویت کند، در حالی که رژیم غذایی سرشار از غذاهای فراوری‌شده و قند می‌تواند آن را سرکوب کند. این به این دلیل است که این نوع رژیم‌ها می‌توانند بر وضعیت متابولیک بدن تأثیر بگذارند که به نوبه خود بر ترشح هورمون‌هایی مانند اسپکسین تأثیرگذار باشد (۳۵). همچنین، با افزایش سن، در بدن اسپکسین کمتری تولید می‌شود که می‌تواند منجر به افزایش مقاومت به انسولین و افزایش خطر اختلالات متابولیک مانند چاقی و دیابت شود. بنابراین، حفظ یک سبک زندگی سالم با افزایش سن می‌تواند به بهینه‌سازی سطوح اسپکسین و کاهش خطر ابتلا به این اختلالات کمک کند (۳۵). در نتیجه، عوامل زیادی می‌توانند بر سطح اسپکسین و متابولیسم تأثیر بگذارند. بنابراین، هنگام تلاش برای درک و مدیریت اختلالات متابولیک، توجه به این عوامل مهم می‌باشد (۳۳, ۳۵).

براساس نتایج تحقیق حاضر، شاخص مقاومت به انسولین کاهش معنی‌داری یافت. همچنین سطوح انسولین بین پیش‌آزمون و هفته هشتم و شاخص مقاومت به انسولین بین

1 Ceylan

پیش‌آزمون با هفته هشتم و پیش‌آزمون با هفته دوازدهم تفاوت معنی‌داری وجود دارد. نتایج این پژوهش با یافته‌های صمدپور و همکاران (۲۰۲۰) و لین۱ و همکاران (۲۰۱۷) همخوانی دارد (۱, ۳۶). اما با یافته‌های چارینگ۲ و همکاران (۲۰۱۹) و گووریا۳ و همکاران (۲۰۲۱) همخوانی ندارد (۲۷, ۳۷). صمدپور و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند ۸ هفته تمرین تی‌آرایکس در ۴۰ زن مبتلا به دیابت نوع دو منجر به کاهش معنی‌دار گلوکز، انسولین ناشتا، شاخص مقاومت به انسولین شد (۳۶). لین و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند ۱۲ هفته تمرین هوازی، سه بار در هفته، ۳۰ دقیقه در هر جلسه در ۱۷ بیمار مبتلا به دیابت نوع دو باعث می‌شود به ازای هر ۴ هفته افزایش در مدت‌زمان تمرین ورزشی، حساسیت به انسولین در طول زمان افزایش یابد، همچنین غلظت گلوکز و شاخص مقاومت به انسولین در طول زمان کاهش یافت (۱). در مقابل، چارینگ و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین با شدت متوسط در سه زمان صبح، بعدازظهر یا عصر بر سطوح گلوکز خون و پاسخ گلوکز ناشی از ورزش در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو پرداختند. نتایج نشان داد گلوکز خون در طول ۱۲ هفته تمرین ورزشی در طول زمان ثابت ماند (۲۷). گووریا و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی تأثیر برنامه هشت هفته، هر هفته دو جلسه تمرینات پیلاتس در ۴۴ زن مبتلا به دیابت نوع دو انجام دادند به این نتیجه رسیدند تغییر معنی‌داری در گلوکز ناشتا، کلسترول تام، لیپوپروتئین با چگالی بالا و پایین و تری گلیسیرید دیده نشد (۳۷). نتایج متناقض ممکن است به این دلیل توضیح داده شود که تأثیر ورزش بر عملکرد نشانگرهای قندی بحث‌برانگیز است. شدت، مدت و نوع ورزش ممکن است الگوهای متفاوتی از پاسخ را ایجاد کند (۳۸). همچنین، ویژگی‌های شرکت‌کنندگان مانند سن و سطح آمادگی جسمانی می‌تواند بر سطوح نشانگرهای قندی تأثیر بگذارد. گیرنده‌های انسولین که تیروزین کیناز می‌باشد، به‌طور خاص به انسولین متصل می‌شود و نقش کلیدی در هموستاز گلوکز با واسطه انسولین و رشد سلول ایفا می‌کند. اختلال در اتصال گیرنده انسولین عمدتاً به کاهش میل ترکیبی و تعداد گیرنده‌های هدف روی غشای سلولی یا ناهنجارهای ساختاری گیرنده‌های هدف اشاره دارد که بر اتصال انسولین به گیرنده تأثیر می‌گذارند (۳۹). پروتئین سوبسترای گیرنده انسولین به‌طور کلی یک گره در سیستم سیگنال‌دهی انسولین درنظر گرفته می‌شود که ارتباط نزدیکی با ایجاد حساسیت‌نداشتن به انسولین دارد. در سطح مولکولی، تداخل بین عامل الیگومریزاسیون و مسیر گیرنده انسولین ممکن است سیگنال‌دهی انسولین را با کاهش عملکرد بسترهای گیرنده انسولین مهار کند (۴۰). انسولین با اتصال به گیرنده انسولین و فعال‌کردن مسیرهای سیگنال‌دهی پایین‌دستی عمل می‌کند (۴۱). انسولین، گیرنده انسولین تیروزین کینازها را فعال می‌کند که قادر به تجمع و فسفریله‌کردن پروتئین‌های مختلف بستر، مانند خانواده پروتئین سوبسترای گیرنده انسولین (IRS4) هستند. همچنین اختلال در مسیر سیگنالینگ توسط بسترهای گیرنده انسولین یکی از شایع‌ترین علل بیماری است. از چهار پروتئین IRS پستانداران IRS1 و IRS2 نقش کلیدی در تنظیم رشد و بقا، متابولیسم و پیری دارند. همچنین آن‌ها بسترهای کلیدی سیگنال‌دهی انسولین هستند و با اتصال به فسفاتیدیلینوزیتول-۳-کیناز/پروتئین کیناز(PI3K5) و القای مسیرهای پایین‌دست، نقش مهمی در سیگنال‌دهی انسولین دارند. کینازهای تحریک‌شده با انسولین، فسفوریلاسیون باقی‌مانده‌های سرین/ترئونین را در IRS واسطه می‌کنند و حساسیت‌زدایی از سیگنال‌دهی انسولین پروگزیمال نقش مهمی در پاتوژنز مقاومت به انسولین ایفا می‌کند (۴۲). برای مثال پروتئین کیناز وابسته به RNA دو رشته‌ای همچنین نشان داده شده است که فسفوریلاسیون مهاری IRS1 و بیان IRS2 را در سلول‌های کبد و ماهیچه تنظیم می‌کند و در نتیجه مسیر سیگنال‌دهی انسولین را تنظیم می‌سازد. با واسطه دو پروتئین کیناز دیگر، JNK و IKK، PKR فسفوریلاسیون IRS1 در Ser312 را تنظیم و فسفوریلاسیون تیروزین IRS1 را مهار می‌کند (۴۳). شرکت در تمرینات ورزشی به مدت هشت هفته می‌تواند تأثیرات مثبتی بر روی شاخص مقاومت به انسولین داشته باشد اما اجرای تمرینات ورزشی به مدت ۱۲ هفته ممکن است نتایج بهتری داشته باشد. چنانچه در این مطالعه شاخص مقاومت به انسولین از پیش‌آزمون تا پایان هفته هشتم ۶۱/۱۳ درصد کاهش یافت؛ درصورتی که در پایان هفته دوازدهم به میزان ۷۹/۸۹ درصد کاهش یافت. مطالعات نشان داده‌اند که طول دوره تمرینات ورزشی می‌تواند بر تغییرات در سطح انسولین و بهبود مقاومت به انسولین تأثیرگذار باشد. بنابراین، انجام تمرینات ورزشی به مدت ۱۲ هفته ممکن است منجر به کاهش مقاومت به انسولین و بهبود وضعیت سلامت عمومی شود. مدت‌زمان و نوع ورزش

1 Lin
2 Chiang
3 Gouveia
4 Insulin receptor substrate
5 Phosphoinositide 3-kinases

هر دو نقش مهمی در تأثیرگذاری بر شاخص مقاومت به انسولین ایفا می‌کنند. تحقیقات نشان داده است که انواع مختلف ورزش، چه حاد (کوتاه‌مدت) و چه مزمن (طولانی‌مدت)، تمرینات قدرتی یا هوازی می‌توانند به روش‌های مختلف بر حساسیت به انسولین تأثیر بگذارند. تمرین مزمن در بهبود بلندمدت مقاومت به انسولین و پیشگیری از دیابت نوع ۲ مؤثر است. با این حال، ذکر این نکته ضروری است که این سازگاری‌های مزمن برای حفظ فواید خود نیازمند ورزش مداوم هستند (۴۴). مطالعات نشان می‌دهد که تمرینات ورزشی برای بیش از ۱۲ هفته اثر قابل‌توجهی در کاهش HOMA-IR، یک شاخص مقاومت به انسولین و کاهش سطح HbA1c دارد که نشان‌دهنده بهبود کنترل قند خون است. این موضوع اهمیت پایبندی به یک برنامه تمرینی برای مدت‌زمان کافی به‌منظور ایجاد بهبود قابل‌توجه در حساسیت به انسولین را نشان می‌دهد (۴۵). به‌طور خلاصه، تأثیر تمرین بر شاخص مقاومت به انسولین، چندوجهی است و هم اثرات حاد ورزش و هم سازگاری‌های مزمن ناشی از برنامه‌های تمرینی منظم و طولانی‌مدت را دربر می‌گیرد. به‌طور خاص، تمرینات بدنی با مدت‌زمان بیش از ۱۲ هفته به‌عنوان عاملی به‌شدت مفید برای بهبود حساسیت به انسولین شناخته شده است. بنابراین، برای کسانی که به دنبال بهبود شاخص مقاومت به انسولین خود هستند، توصیه می‌شود. با توجه به اینکه این مطالعه با محدودیت‌های زیادی ازجمله رژیم غذایی متنوع، پاسخ‌های سازگاری گوناگون به فعالیت بدنی، تعداد کم نمونه به دلیل انصراف بعضی از آنها از شرکت در تحقیق حاضر و تفاوت‌های فردی روبه‌رو بود، در نتیجه جانب احتیاط را بیشتر باید رعایت کرد.

به‌طور کلی، داده‌ها نشان می‌دهند تمرینات باند مقاومتی در افزایش معنی‌دار اسپکسین سرمی و کاهش گلوکز ناشتا، انسولین و شاخص مقاومت به انسولین نسبت به گروه کنترل اثر بیشتر و مشخص‌تری دارند. بنابراین، تمرینات باند مقاومتی به مدت ۱۲ هفته را می‌توان برای بهبود کنترل قند خون و سطوح اسپکسین سرمی در افراد مبتلا به دیابت نوع دو توصیه کرد، از این رو استفاده از این مداخلات، احتمالاً روش درمانی مناسبی برای مقابله با بیماری دیابت نوع دو می‌باشد.

## تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از تمامی افرادی که در این تحقیق همکاری کردند تشکر می‌کنیم.

## ملاحظات اخلاقی

در این مطالعه شرکت در طرح تحقیقاتی آزادانه و با کسب رضایت‌نامه آگاهانه بود و آزمودنی‌ها در هر زمان می‌توانستند از ادامه همکاری در طرح تحقیق انصراف دهند. مراحل مربوط به آزمایش‌ها در کمیته اخلاق در پژوهش‌های پزشکی در دانشگاه حکیم سبزواری با کد IR.HSU.REC.1402.002 تصویب گردید.

## سهم نویسندگان

مفهوم‌سازی: کیوان حجازی و رویا عسکری، نجمه رحیمی؛ تحقیق و بررسی: عزیزه توغدری؛ ویراستاری و نهایی‌سازی نوشته: کیوان حجازی، بصری‌سازی: عزیزه توغدری و کیوان حجازی؛ نظارت: کیوان حجازی، رویا عسکری، نجمه رحیمی؛ مدیریت پروژه: کیوان حجازی

## حمایت مالی

این پژوهش هیچ‌گونه کمک مالی از سازمان‌های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

## تضاد منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

## References

[1]. Lin C-H, Ho C-W, Chen L-C, Chang C-C, Wang Y-W, Chiou C-P, et al. Effects of a 12-week exercise training on insulin sensitivity, quality of life, and depression status in patients with type 2 diabetes. Journal of Medical Sciences. 2017;37(6):227. DOI: 10.4103/jmedsci.jmedsci_68_17

[2]. Wong MK, Sze KH, Chen T, Cho CK, Law HC, Chu IK, et al. Goldfish spexin: solution structure and novel function as a satiety factor in feeding control. American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism. 2013;305(3):E348-E66. DOI: 10.1152/ajpendo.00141.2013

[3]. Khadir A, Kavalakatt S, Madhu D, Devarajan S, Abubaker J, Al-Mulla F, et al. Spexin as an indicator of beneficial effects of exercise in human obesity and diabetes. Sci Rep. 2020;10(1):10635. DOI: 10.1038/s41598-020-67624-z

[4]. Zhang L, Li G, She Y, Zhang Z. Low levels of spexin and adiponectin may predict insulin resistance in patients with non-alcoholic fatty liver. Practical Laboratory Medicine. 2021;24:e00207. DOI: 10.1016/j.plabm.2021.e00207

[5]. Fang P, Min W, Sun Y, Guo L, Shi M, Bo P, et al. The potential antidepressant and antidiabetic effects of galanin system. Pharmacology Biochemistry and Behavior. 2014;120:82-7. DOI: 10.1016/j.pbb.2014.02.018

[6]. Legakis I, Mantzouridis T, Mountokalakis T. Positive correlation of galanin with glucose in type 2 diabetes.

Diabetes Care. 2005;28(3):759-60. DOI: 10.2337/diacare.28.3.759

[7]. Gu L, Ding X, Wang Y, Gu M, Zhang J, Yan S, et al. Spexin alleviates insulin resistance and inhibits hepatic gluconeogenesis via the FoxO1/PGC-1α pathway in high-fat-diet-induced rats and insulin resistant cells. Int J Biol Sci. 2019;15(13):2815. DOI: 10.7150/ijbs.3178

[8]. Gu L, Ma Y, Gu M, Zhang Y, Yan S, Li N, et al. Spexin peptide is expressed in human endocrine and epithelial tissues and reduced after glucose load in type 2 diabetes. Peptides. 2015;71:232-9. DOI: 10.1016/j.peptides.2015.07.018

[9]. Sassek M, Kolodziejski PA, Strowski MZ, Nogowski L, Nowak KW, Mackowiak P. Spexin modulates functions of rat endocrine pancreatic cells. Pancreas. 2018;47(7):904-9. DOI: 10.1097/MPA.0000000000001083

[10]. Sassek M, Kolodziejski PA, Szczepankiewicz D, Pruszynska-Oszmalek E. Spexin in the physiology of pancreatic islets—mutual interactions with insulin. Endocrine. 2019;63:513-9. DOI: 10.1007/s12020-018-1766-2

[11]. Sun X, Yu Z, Xu Y, Pu S, Gao X. The role of spexin in energy metabolism. Peptides. 2023:170991. DOI: 10.1016/j.peptides.2023.170991

[12]. Tanday N, Lafferty RA, Flatt PR, Irwin N. Beneficial metabolic effects of recurrent periods of beta - cell rest and stimulation using stable neuropeptide Y1 and glucagon - like peptide - 1 receptor agonists. Diabetes, Obesity and Metabolism. 2022;24(12):2353-63. DOI: 10.1111/dom.14821

[13]. Bruce C, Kriketos A, Cooney G, Hawley J. Disassociation of muscle triglyceride content and insulin sensitivity after exercise training in patients with Type 2 diabetes. Diabetologia. 2004;47:23-30. DOI: 10.1007/s00125-003-1265-7

[14]. O'Leary VB, Marchetti CM, Krishnan RK, Stetzer BP, Gonzalez F, Kirwan JP. Exercise-induced reversal of insulin resistance in obese elderly is associated with reduced visceral fat. J Appl Physiol. 2006;100(5):1584-9. DOI: 10.1152/japplphysiol.01336.2005

[15]. Jeon CY, Lokken RP, Hu FB, Van Dam RM. Physical activity of moderate intensity and risk of type 2 diabetes: a systematic review. Diabetes Care. 2007;30(3):744-52. DOI: 10.2337/dc06-1842

[16]. Cauza E, Hanusch-Enserer U, Strasser B, Ludvik B, Metz-Schimmerl S, Pacini G, et al. The relative benefits of endurance and strength training on the metabolic factors and muscle function of people with type 2 diabetes mellitus. Arch Phys Med Rehabil. 2005;86(8):1527-33. DOI: 10.1016/j.apmr.2005.01.007

[17]. Vinu W, Kuamr V. Remedial exercise training program (aerobic and brisk walk training) for type II diabetes (T2DM). SPORT TK-Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte. 2024;13:6-. DOI: https://DOI.org/10.6018/sportk.548491

[18]. Sigal RJ, Kenny GP, Boulé NG, Wells GA, Prud'homme D, Fortier M, et al. Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes: a randomized trial. Ann Intern Med. 2007;147(6):357-69. DOI: 10.7326/0003-4819-147-6-200709180-00005

[19]. Son WM, Park JJ. Resistance Band Exercise Training Prevents the Progression of Metabolic Syndrome in Obese Postmenopausal Women. J Sports Sci Med. 2021;20(2):291-9. DOI: 10.52082/jssm.2021.291

[20]. Ooi TC, Mat Ludin AF, Loke SC, Fiatarone Singh MA, Wong TW, Vytialingam N, et al. A 16-week home-based progressive resistance tube training among older adults with type-2 diabetes mellitus: effect on glycemic control. Gerontology and Geriatric Medicine. 2021;7:23337214211038789. DOI: 10.1177/23337214211038789

[21]. Geirsdottir O, Arnarson A, Briem K, Ramel A, Jonsson P, Thorsdottir I. Effect of 12-week resistance exercise program on body composition, muscle strength, physical function, and glucose metabolism in healthy, insulin-resistant, and diabetic elderly Icelanders. Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences. 2012;67(11):1259-65. DOI: 10.1093/gerona/gls096

[22]. Kwak C-J, Kim YL, Lee SM. Effects of elastic-band resistance exercise on balance, mobility and gait function, flexibility and fall efficacy in elderly people. Journal of physical therapy science. 2016;28(11):3189-96. DOI: 10.1589/jpts.28.3189

[23]. Smith MF, Ellmore M, Middleton G, Murgatroyd PM, Gee TI. Effects of resistance band exercise on vascular activity and fitness in older adults. Int J Sports Med. 2017;38(03):184-92. DOI: 10.1055/s-0042-121261

[24]. Colado JC, Triplett NT. Effects of a short-term resistance program using elastic bands versus weight machines for sedentary middle-aged women. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2008;22(5):1441-8. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31817ae67a

[25]. Gomez-Tomas C, Chulvi-Medrano I, Carrasco JJ, Alakhdar Y. Effect of a 1-year elastic band resistance exercise program on cardiovascular risk profile in postmenopausal women. Menopause. 2018;25(9):1004-10. DOI: 10.1097/GME.0000000000001113

[26]. Tomeleri CM, Souza MF, Burini RC, Cavaglieri CR, Ribeiro AS, Antunes M, et al. Resistance training reduces metabolic syndrome and inflammatory markers in older women: a randomized controlled trial. J Diabetes. 2018;10(4):328-37. DOI: 10.1111/1753-0407.12614

[27]. Chiang SL, Heitkemper MM, Hung YJ, Tzeng WC, Lee MS, Lin CH. Effects of a 12-week moderate-intensity exercise training on blood glucose response in patients with type 2 diabetes: A prospective longitudinal study. Medicine (Baltimore). 2019;98(36):e16860. DOI: 10.1097/MD.0000000000016860

[28]. Katz A, Nambi SS, Mather K, Baron AD, Follmann DA, Sullivan G, et al. Quantitative insulin sensitivity check index: a simple, accurate method for assessing insulin sensitivity in humans. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. 2000;85(7):2402-10. DOI: 10.1210/jcem.85.7.6661

[29]. Shamizadeh M, Zolfaghari MR, Fattahi A. Effect of eight weeks of aerobic and resistance training on adropin, spexin, and TNFα levels, as well as insulin resistance indices, in obese men with type 2 diabetes. Journal of Ilam University of Medical Sciences. 2023;31(5):70-84. http://sjimu.medilam.ac.ir/article-1-7995-en.html

[30]. Karimi M, Baghaei-Barzabadi M. Effect of Exercise at Morning in Comparison with Evening on Response of Spexin and Leptin to Eight Weeks of Endurance Training in Obese Women. Journal of Animal Biology. 2023;16(1):247-55.

[31]. Ceylan Hİ, Saygın Ö, Özel Türkçü Ü. Assessment of acute aerobic exercise in the morning versus evening on asprosin, spexin, lipocalin-2, and insulin level in overweight/obese versus normal weight adult men. Chronobiol Int. 2020;37(8):1252-68. DOI: 10.1080/07420528.2020.1792482

[32]. Bagherslimi M, Fathi R, Khosravi A, Bahraini A, Shirazi A. The Effect of Single session of Aerobic Interval Exercise on Serum Spexin Levels in Active Young Men. Journal of Sport and Exercise Physiology. 2017;10(2):37-46.

[33]. Kurowska P, Dawid M, Oprocha J, Respekta N, Serra L, Estienne A, et al. Spexin role in human granulosa cells physiology and PCOS: expression and negative impact on steroidogenesis and proliferation. Biol Reprod. 2023;109(5):705-19. DOI: 10.1093/biolre/ioad108

[34]. Walewski JL, Ge F, Lobdell IV H, Levin N, Schwartz GJ, Vasselli JR, et al. Spexin is a novel human peptide that reduces adipocyte uptake of long chain fatty acids and causes weight loss in rodents with diet - induced obesity. Obesity. 2014;22(7):1643-52. DOI: 10.1002/oby.20725

[35]. Türkel İ, Memi G, Yazgan B. Impact of spexin on metabolic diseases and inflammation: An updated minireview. Exp Biol Med. 2022;247(7):567-73. DOI:

10.1177/15353702211072443

[36]. Samadpour Masouleh S, Bagheri R, Ashtary-Larky D, Cheraghloo N, Wong A, Yousefi Bilesvar O, et al. The effects of TRX suspension training combined with taurine supplementation on body composition, glycemic and lipid markers in women with type 2 diabetes. Nutrients. 2021;13(11):3958. DOI: 10.3390/nu13113958

[37]. Gouveia SSV, de Morais Gouveia GP, Souza LM, da Costa BC, Iles B, Pinho VA, et al. The effect of pilates on metabolic control and oxidative stress of diabetics type 2–A randomized controlled clinical trial. J Bodyw Mov Ther. 2021;27:60-6. DOI: 10.1016/j.jbmt.2021.01.004

[38]. Hawamdeh Z, Baniata A, Mansi K, Nasr H, Aburjai T. Thyroid hormones levels in Jordanian athletes participating in aerobic and anaerobic activities. Scientific research and essays. 2012;7(19):1840-5. DOI: 10.5897/SRE11.1734

[39]. Ashraf A, Palakkott A, Ayoub MA. Anti-insulin receptor antibodies in the pathology and therapy of diabetes mellitus. Curr Diabetes Rev. 2021;17(2):198-206. DOI: 10.2174/1573399816666200604122345

[40]. Rivers SL, Klip A, Giacca A. NOD1: an interface between innate immunity and insulin resistance. Endocrinology. 2019;160(5):1021-30. DOI: 10.1210/en.2018-01061

[41]. Taniguchi CM, Emanuelli B, Kahn CR. Critical nodes in signalling pathways: insights into insulin action. Nature reviews Molecular cell biology. 2006;7(2):85-96. DOI: 10.1038/nrm1837

[42]. Zhao X, An X, Yang C, Sun W, Ji H, Lian F. The crucial role and mechanism of insulin resistance in metabolic disease. Front Endocrinol (Lausanne). 2023;14:1149239. DOI: 10.3389/fendo.2023.1149239.

[43]. Hassan RH, de Sousa ACP, Mahfouz R, Hainault I, Blachnio-Zabielska A, Bourron O, et al. Sustained action of ceramide on the insulin signaling pathway in muscle cells: implication of the double-stranded RNA-activated protein kinase. J Biol Chem. 2016;291(6):3019-29. DOI: 10.1074/jbc.M115.686949

[44]. DiMenna FJ, Arad AD. The acute vs. chronic effect of exercise on insulin sensitivity: nothing lasts forever. Cardiovascular endocrinology & metabolism. 2021;10(3):149-61. DOI: 10.1097/XCE.0000000000000239

[45]. Jiahao L, Jiajin L, Yifan L. Effects of resistance training on insulin sensitivity in the elderly: A meta-analysis of randomized controlled trials. Journal of exercise science and fitness. 2021;19(4):241-51. DOI: 10.1016/j.jesf.2021.08.002