



Review Paper

The effect of aerobic training on resistin and insulin resistance in type 2 diabetics: A systematic review and meta-analysis

Abbas Ali Gaeini¹ , Omid Zafarmand² , * Morad Hosseini³

1. Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sports Science, University of Tehran, Tehran, Iran..
2. MSc, Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sports Science, University of Yasouj, Yasouj, Iran.
3. Assistant Professor, Physical Education, Department of Physical Education, Farhangian University, Tehran, Iran.



Citation: Gaeini AA, Zafarmand O, Hosseini M. The effect of aerobic training on resistin and insulin resistance in type 2 diabetics: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Preventive Medicine*. 2025; 12(1):87-106. [In Persian]



10.48312/JPM.12.1.829.1

Article Info:

Received: 31 Dec 2024

Accepted: 14 Apr 2025

Available Online: 20 Jun 2025

ABSTRACT

Introduction: The increase of diabetes in the world and the positive results of exercise and physical activity on the factors related to this disease have been considered. Resistin is a factor secreted from adipose tissue that is related to type 2 diabetes. Therefore, the aim of this study was the effect of aerobic exercises on insulin resistance in type 2 diabetics.

Information Sources or Data: The present study is a systematic review and meta-analysis. A systematic review of English and Farsi articles published in PubMed, Web of Science, Scopus, Sid and Magiran databases was conducted until September 2024.

Selection Methods for Study: Mean difference and 95% confidence interval (CI) were calculated using random effect model. Heterogeneity was evaluated using the (I²) test, and publication bias was evaluated by visual analysis of the funnel plot and Egger's test. A total of 14 studies with (15 interventions) and 456 type 2 diabetic subjects were meta-analyzed.

Combine Content and Results: The results showed that aerobic training caused a significant decrease in resistin ((SMD=-1.087 (-0.059 to -2.114)), (P-Value=0.038) and insulin resistance ((SMD=-0.875 (-0.282 to -1.467)), (P-Value=0.004) compared to the control group in type 2 diabetics.

Discussion: The results showed that aerobic exercises in type 2 diabetics who are overweight and obese cause a decrease in resistin and insulin resistance in a way that causes a decrease in their weight and body fat percentage. Therefore, aerobic exercises can be suggested to these people as a practical and non-pharmacological solution to reduce type 2 diabetes.

Key Words:

Aerobic Exercise, Resistin, Insulin Resistance, Type 2 Diabetes.

* Corresponding Author:

Dr Morad Hosseini

Address: Farhangian University, Tehran, Iran.

E-mail: mzare56@gmail.com



Copyright © 2024 The Author[s]; This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License [CC-BY-NC; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>], which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.



Extended Abstract

Introduction:

The increase in diabetes worldwide and the positive results of physical activity and exercise on factors related to this disease have attracted attention. Resistin is a factor secreted by adipose tissue that is associated with type 2 diabetes. In two studies by Ramezani and Siah-Kuhian and Papagiani & et al., the effects of various exercise training on adipokines were examined in general. On the other hand, unlike these two review studies, it seems that there was no place for a meta-analysis study that could, in addition to examining the separate effect of aerobic exercise on the hormone resistin (14 studies) and insulin resistance (13 studies), simultaneously evaluate the effect of aerobic exercise on resistin and insulin resistance levels. By accepting the hypothesis that the responses resulting from the effect of exercise are multiple and result from the interactive effect (habituation and facilitation) on metabolic pathways, the present meta-analytic study can better show the true and complete picture of the response of simultaneous physiological mechanisms. Type 2 diabetes is a major medical, social, and economic problem due to its increasing prevalence in today's societies. Therefore, the damage to individual health and quality of life prompted researchers to provide a solution in the treatment of metabolic diseases by examining the molecules effective in metabolic syndrome and various aerobic exercises. According to our knowledge, limited studies have been conducted so far to investigate the effect of various aerobic exercises on resistin levels. Therefore, the aim of the present study was to investigate the effect of aerobic exercises on resistin and insulin resistance in type 2 diabetics.

Methods:

The present study is a systematic review and meta-analysis conducted according to the Cochrane and Prisma guidelines. To extract research articles, a search was conducted in databases. For this purpose, a search was conducted in Scopus, PubMed, and Web of Science databases until September 2024 (without limiting the year of publication) for

English articles. Also, a search was conducted in the databases of the Scientific Information Center SID and Magiran for Persian articles until October 1403 using the keywords "aerobic exercise", "interval exercise", "continuous exercise", "resistin", "insulin sensitivity", "insulin resistance", and "type 2 diabetes". Subsequently, the reference lists of the articles were extracted and the articles citing them were also manually reviewed in Google Scholar. Database searches were conducted independently by researchers.

After a comprehensive review of all articles, resistin and insulin resistance information was extracted. Information on study type, first author, year of publication, randomization or non-randomization, sample size, study quality, and subject characteristics including age, gender, type of exercise, and exercise protocol (type of intervention, length of intervention, number of sessions per week, and intensity of exercise) were extracted. Data were also extracted from the article charts using Get data software.

Results:

In 456 participants were included in the present meta-analysis, 161 of whom were men and 295 of whom were women, all of whom had type 2 diabetes. 236 participants with a mean age of 45.23 ± 3.90 years and a body mass index of 28.65 ± 4.27 kg/m² were in the aerobic exercise group, and 220 participants with a mean age of 45.35 ± 5.89 years and a body mass index of 28.42 ± 4.01 kg/m² were in the control group. In the included studies, the control group did not perform any exercise. The minimum number of participants in the studies was 16 and the maximum was 79, and the minimum number of participants in the intervention group was 8 and the maximum was 39, and the minimum number of participants in the control group was 7 and the maximum was 40.

Data analysis of the 15 aerobic exercise interventions showed that aerobic exercise significantly reduced resistin (P-Value=0.038), (-114.2 to -0.059), (SMD=1.479) compared to the control group in type 2 diabetics. Heterogeneity was examined using the I² test and the results showed that there was significant heterogeneity (P-Value



=0.001, $I^2=197.90$).

The result of the Egger test indicated that there was no publication bias for resistin (P-Value =0.539).

Data analysis of 14 aerobic exercise interventions showed that aerobic exercise significantly reduced insulin resistance (P-Value=0.004), (-1.467 to -0.282) (SMD=-0.875) compared to the control group in type 2 diabetics. Heterogeneity was examined using the I^2 test and the results showed that there was significant heterogeneity (P-Value =0.001, $I^2=914.75$).

Conclusion:

The aim of the present meta-analysis was to investigate the effect of aerobic exercise on resistin and insulin resistance in type 2 diabetics. The

results of 14 studies with (15 exercise interventions) on 456 type 2 diabetic subjects indicate that aerobic exercise significantly reduced resistin and insulin resistance in type 2 diabetics compared to the control group. In general, the present study showed that aerobic exercise reduces serum resistin levels and insulin resistance in type 2 diabetics, provided that the exercise program is of sufficient intensity and duration to create a negative energy balance in overweight and obese individuals and reduce their weight and body fat percentage. Therefore, it seems that aerobic exercise is associated with the regulation of serum resistin levels and insulin resistance, and regular aerobic exercise is recommended as a non-pharmacological and effective strategy for improving and regulating serum resistin levels and insulin resistance in type 2 diabetics.



مقاله مروری

تأثیر تمرین‌های هوازی بر رزیستین و مقاومت به انسولین در افراد دیابتی نوع دو: یک مرور نظام‌مند و فراتحلیل

عباسعلی گائینی^۱ ID، امید ظفرمند^۲ ID، * مراد حسینی^۳ ID

۱. استاد، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۲. کارشناسی ارشد، فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه یاسوج، شهر یاسوج، ایران.
۳. استادیار، تربیت بدنی، گروه آموزش تربیت بدنی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران.

Use your device to scan and read the article online



Citation: Gaeini AA, Zafarmand O, Hosseini M. The effect of aerobic training on resistin and insulin resistance in type 2 diabetics: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Preventive Medicine*. 2025; 12(1):87-106. [In Persian]

doi 10.48312/JPM.12.1.829.1

چکیده

هدف: افزایش دیابت در جهان و نتایج مثبت فعالیت حرکتی و ورزشی بر عوامل وابسته به این بیماری مورد توجه بوده است. رزیستین، عاملی است که مترشح از بافت چربی ترشح می‌شود که با دیابت نوع دو ارتباط دارد. لذا هدف مطالعه حاضر، تأثیر تمرین‌های هوازی بر رزیستین و مقاومت به انسولین در افراد دیابتی نوع دو بود.

منابع اطلاعات یا داده‌ها: پژوهش حاضر از نوع مطالعات مروری نظام‌مند و فراتحلیل است. جستجوی سیستماتیک مقالات انگلیسی و فارسی که در پایگاه‌های اطلاعاتی PubMed، Web of Science، Scopus، SID، و Magiran تا سپتامبر سال ۲۰۲۴ منتشر شده‌اند، شناسایی شدند.

روش‌های انتخاب برای مطالعه: تفاوت میانگین و فاصله اطمینان ۹۵ درصد (CI) با استفاده از مدل اثر تصادفی محاسبه شد. ناهمگونی با استفاده از آزمون (I²) و سوگیری انتشار با تحلیل بصری فونل پلات و آزمون Egger بررسی شدند. در مجموع، ۱۴ مطالعه با (۱۵ مداخله) و ۴۵۶ آزمودنی دیابتی نوع دو فراتحلیل شدند.

ترکیب مطالب و نتایج: نتایج نشان می‌دهد تمرین‌های هوازی سبب کاهش معنادار رزیستین (P-Value=۰/۰۳۸)، (SMD=-۲/۱۱۴ (الی ۰/۰۵۹) (SMD=-۱/۰۸۷)) و مقاومت به انسولین (P-Value=۰/۰۰۴)، (SMD=-۱/۴۶۷) (الی ۰/۲۸۲) (SMD=-۰/۸۷۵)) در مقایسه با گروه کنترل در افراد دیابتی نوع دو شده است.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهد تمرین‌های هوازی در افراد دیابتی نوع دو دارای اضافه وزن و جاقی سبب کاهش رزیستین و مقاومت به انسولین می‌شود، به نحوی که باعث کاهش وزن و درصد چربی بدن در آنان می‌شود. بنابراین، تمرین‌های هوازی را می‌توان یک راهکار غیردارویی و کاربردی برای کاهش رزیستین و مقاومت به انسولین در بیماری دیابتی نوع دو به این افراد مبتلا پیشنهاد داد.

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۱ دی ۱۴۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۴ فروردین ۱۴۰۴
تاریخ انتشار: ۳۰ فروردین ۱۴۰۴

کلیدواژه‌ها:

تمرین هوازی، رزیستین، مقاومت به انسولین، دیابت نوع دو.

*نویسنده مسئول:

دکتر مراد حسینی
نشانی: دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران.
پست الکترونیک: mo.hosseini@cfu.ac.ir



Copyright © 2024 The Author[s].
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License [CC-BY-NC: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>], which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.



مقدمه:

چاقی، یکی از مشکلات رایج در سراسر جهان است (۱). چاقی، پیامد عدم تعادل بین انرژی دریافتی و انرژی هزینه است (۲). دیابت نوع دو، شایع‌ترین نوع دیابت است که توسط مقاومت بافت هدف به انسولین شناخته می‌شود، در بیشتر جوامع همه‌گیر شده و با چاقی ارتباط قوی دارد (۳). دیابت نوع دو، نوعی بیماری مزمن غدد درون‌ریز است که با هیپرگلیسمی مداوم همراه است که اغلب ناشی از کمبود مطلق یا نسبی ترشح انسولین یا مقاومت به انسولین است (۴). دلیل مقاومت به انسولین، نقص در پیام‌رسانی انسولین و تغییر در بیان پروتئین یا ژن‌های هدف انسولین است که بیشتر به دیابت نوع دو ختم خواهد شد. مقاومت به انسولین، وضعیتی پاتولوژیکی است که در آن میزان نرمال انسولین خون قادر به ایجاد پاسخ بیولوژیک طبیعی نیست و در واقع پیام‌رسانی انسولین مختل می‌شود. این کاهش پاسخ بر تمام آثار متابولیسمی انسولین تأثیر می‌گذارد (۵). مکانیسم مولکولی اصلی ایجاد مقاومت به انسولین ریشه در نقل و انتقال مولکول $Glut4$ دارد. چاقی و انباشت بافت چربی باعث شرایط التهابی و تولید عوامل پیش التهابی به ویژه در ناحیه شکم و عدم تعادل در انرژی دریافتی و افزایش اکسایش اسیدهای چرب، نقش مهمی در حالت مقاومت به انسولین دارد (۶).

انباشت تدریجی چربی در کبد، عضلات و پانکراس به شکل تری‌گلیسیرید سبب می‌شود عملکرد بافت مختل شود (۷). بافت چربی مواد زیادی را به نام آدیپوکین تولید می‌کند که در تنظیم متابولیسم انرژی تأثیر دارد (۸). آدیپوکین‌ها عملکرد هورمونی دارند و به‌عنوان فاکتورهای رشد باعث تعدیل مقاومت به انسولین، تنظیم متابولیسم چربی و گلوکز می‌شوند و در پاسخ‌های پیش التهابی و ضدالتهابی شرکت می‌کنند (۹). بیان آدیپوکین‌های ناشی از چاقی و واکنش‌های ایمنی تغییر یافته با بیماری‌های گوناگون به ویژه دیابت نوع دو مرتبط است (۱۰). بافت چربی در تنظیم عملکرد سلول و ایجاد بیماری‌ها از راه شبکه پیچیده‌ای از سیگنال‌های غدد درون‌ریز، پاراکرین

و اتوکرین نقش دارد که بر پاسخ‌های بسیاری از بافت‌ها مانند هیپوتالاموس، لوزالمعده، کبد، عضله اسکلتی و اندوتلیوم تأثیر می‌گذارد (۱۱). از این نوع آدیپوکین‌ها می‌توان به رزیستین اشاره کرد که پروتئین دایمر غنی از سیستئین است (۱۲، ۱۳) و به میزان زیادی باعث بروز مقاومت به انسولین در بافت کبد می‌شود و در سازوکارهای فیزیولوژیک و فرآیندهای التهابی و خود ایمنی نقش دارد. رزیستین در افراد چاق در سلول‌های ایمنی بافت چربی سفید زیر پوستی وجود دارد (۱۴). همچنین، رزیستین از راه اختلال در متابولیسم گلوکز و لیپید سبب افزایش خطر آترواسکروز می‌شود. افزایش رزیستین، انتقال گلوکز وابسته به انسولین را کاهش می‌دهد و در نهایت به افزایش مقاومت انسولینی منجر می‌شود. مقاومت به انسولین در نتیجه از بین رفتن حساسیت بافت‌ها به آثار طبیعی انسولین ایجاد می‌شود و موجب هایپرگلیسمی، هیپر تری‌گلیسیریدمی و افزایش غلظت اسیدهای چرب آزاد می‌شود. به‌طور وسیعی اعتقاد بر این است که وضعیت مقاومت به انسولین سبب ایجاد هایپر انسولینمی جبرانی شده و در نهایت در اثر از دست رفتن فعالیت سلول‌های بتا، اختلال تحمل گلوکز و دیابت پدید می‌آید (۱۵). ترشح رزیستین، سبب اختلال در عمل انسولین و متابولیسم گلوکز شده و به‌عنوان یک رابط مهم بین مقاومت به انسولین و چاقی عمل می‌کند (۱۶).

تغییرات سبک زندگی از جمله رفتارهای تغذیه‌ای و انجام فعالیت بدنی نقش بارزی در پیشگیری و درمان دیابت دارند. نتایج مطالعه‌ای، پیشرفت ۵۸ درصدی را در پیشگیری از دیابت پس از برنامه‌های مداخله‌ای نشان می‌دهد (۱۷). شواهد قانع‌کننده‌ای نشان می‌دهند احتمال ابتلا به دیابت در افرادی که به اندازه کافی فعالیت بدنی انجام نمی‌دهند، بیشتر است (۲۰-۱۸). این درحالی است که فعالیت ورزشی و فعالیت بدنی ابزار درمانی غیر دارویی قدرتمندی برای تعدیل مقاومت به انسولین و بهبود شاخص‌های وابسته به دیابت نوع دو در بیماران مبتلا است (۲۲، ۲۱). فعالیت ورزش هوازی راهبرد پذیرفته شده درمانی برای افراد مبتلا به دیابت است، زیرا آثار سودمندی بر شاخص‌های گلیسمیک و کاهش خطر قلبی-عروقی دارد (۲۳). همچنین،



شده است. لذا پژوهش حاضر در پی یافتن به این سؤال است که آیا تاثیر تمرین‌های گوناگون هوازی می‌تواند سبب تغییر مقادیر رزیستین و مقاومت به انسولین در افراد دیابتی نوع دو شود؟

مواد و روش‌ها:

پژوهش حاضر از نوع مطالعات مروری نظام‌مند و فراتحلیل است که براساس دستورالعمل پایاگانی و همکاران انجام شده است (۳۱،۳۲).

به جهت استخراج مقالات پژوهشی، جست‌وجو در پایگاه‌های اطلاعاتی به انجام رسید. برای این منظور، جست‌وجو در پایگاه‌های اطلاعاتی Scopus، PubMed و Web of science تا سپتامبر سال ۲۰۲۴ (بدون محدود کردن سال انتشار) برای مقالات انگلیسی و با استفاده از کلمات کلیدی ذیل انجام گرفت.

“Interval training”، “HIIT”، “Aerobic training”، “Aerobic Interval Training”، “Intermittent Training”، “High Intensity Intermittent”، “High Intensity Interval Exercise”، “High Intensity”، “High Intensity Interval Training”، “Sprint Interval Exercise”، “SIT”، “Moderate-intensity continuous exercise”، “Resistin”، “Insulin resistance”، “IR”، “HOMA-IR”، “Homeostatic Model Assessment for Insulin Resistance”، “Insulin Sensitivity”، “Tolerance test”، “Oral glucose tolerance test”، “OGTT”، “diabetes ۲” “GTT”، “Insulin Tolerance Test”، “Type

هم‌چنین، جست‌وجو در پایگاه‌های اطلاعاتی مرکز اطلاعات علمی SID و Magiran برای مقالات فارسی تا مهرماه ۱۴۰۳ با استفاده از کلمات کلیدی “تمرین هوازی”، “تمرین تناوبی (تمرین اینتروال)”， “تمرین تداومی”， “رزیستین”， “حساسیت به انسولین”， “مقاومت به انسولین” و “دیابت نوع دو” انجام شد. در ادامه، فهرست منابع مقالات استخراج شده و هم‌چنین مقالات استناد کننده به آن‌ها به روش دستی در Google Scholar مورد بررسی قرار گرفت. جست‌وجو در پایگاه‌های اطلاعاتی به صورت مستقل توسط

فعالیت ورزشی از جمله مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر ترشح آدیپوکاین‌ها است که پاسخ هر آدیپوکین، به طور مجزا به شدت، مدت و نوع فعالیت ورزشی بستگی دارد (۲۴). مطالعات نشان می‌دهند تمرین‌های هوازی موجب کاهش چشمگیر رزیستین، هموگلوبین گلیکوزیله و مقاومت به انسولین در مقایسه با گروه کنترل شده است (۲۵-۲۸). رضانی و سیاه کوهیان در مطالعه مروری سیستماتیک، با بررسی ۳۴ مطالعه که بر افراد دیابتی نوع دو انجام شده به این نتیجه رسیده‌اند تمرین‌های هوازی و مقاومتی سبب کاهش رزیستین در افراد دیابتی نوع دو می‌شود (۲۹). هم‌چنین، پایاگانی و همکاران در فراتحلیلی، با بررسی ۲۶ مطالعه تاثیر تمرین‌های هوازی را در ۱۲۳۹ آزمودنی دیابتی نوع دو به این نتیجه دست یافته است که تمرین‌های هوازی سبب کاهش رزیستین و هموگلوبین گلیکوزیله در افراد دیابتی نوع دو می‌شود (۳۰).

در دو مطالعه رضانی و سیاه کوهیان و پایاگانی و همکاران در کل آثار تمرین‌های گوناگون ورزشی بر آدیپوکاین‌ها مورد بررسی قرار گرفته است (۲۹،۳۰). از طرف دیگر، بر خلاف این دو مطالعه مروری به نظر می‌رسد جای مطالعه فراتحلیلی که بتواند علاوه بر بررسی تاثیر مجزای انجام تمرین‌های هوازی بر هورمون رزیستین (۱۴ مطالعه) و مقاومت به انسولین (۱۳ مطالعه) هم-زمان تاثیر تمرین‌های هوازی را بر مقادیر رزیستین و مقاومت به انسولین مورد ارزیابی قرار داده باشد، خالی بود. با قبول این فرضیه که پاسخ‌های ناشی از تاثیر فعالیت ورزشی، چندگانه و ناشی از تاثیر تعاملی (مهارى و تسهیلی) بر مسیرهای متابولیکی است به‌نظر مطالعه فراتحلیلی حاضر بهتر می‌تواند تصویر واقعی و کامل از پاسخ سازوکارهای هم‌زمان فیزیولوژیکی نشان دهد. دیابت نوع دو به دلیل شیوع روزافزون در جوامع امروزی، مشکل اصلی پزشکی، اجتماعی و اقتصادی است. بنابراین آسیب به سلامت فردی و کیفیت زندگی، پژوهشگران را بر آن داشت تا با بررسی مولکول‌های موثر در سندرم متابولیک و تمرین‌های گوناگون هوازی، راه‌کاری را در درمان بیماری‌های متابولیک، ارائه دهند. با توجه به دانسته‌های ما تا کنون مطالعات محدودی مبنی بر بررسی تاثیر تمرین‌های گوناگون هوازی بر مقادیر رزیستین انجام



پژوهشگران انجام شد.

معیارهای ورود و خروج مقالات برای انجام مطالعه فراتحلیل، در جدول ۱ شرح داده شده است.

پس از بررسی جامع تمام مقالات، اطلاعات رزیستین و مقاومت به انسولین استخراج شد. اطلاعات مربوط به نوع مطالعه، نویسنده‌ی اول، سال انتشار، تصادفی یا غیر تصادفی بودن، تعداد نمونه، کیفیت مطالعه، ویژگی‌های آزمودنی‌ها شامل سن، جنسیت، نوع تمرین و پروتکل تمرین (نوع مداخله، طول مداخله، تعداد جلسات در هفته و شدت تمرین) استخراج شد (۳۳-۳۵). هم‌چنین، استخراج داده‌ها از نمودار مقالات با استفاده از نرم افزار Get Data صورت گرفت (۳۶،۳۷).

بررسی کیفیت مقالات را سه محقق مستقل انجام دادند. ارزیابی کیفیت مطالعات با استفاده از چک لیست ۱۱ موردی ابزار PEDro انجام شد (۳۸،۳۹). معیارهای ارزیابی PEDro شامل موارد زیر بود: (۱) ضوابط واجد شرایط بودن شرکت کنندگان مشخص باشد، (۲) اختصاص شرکت کنندگان گروه‌های گوناگون به صورت تصادفی انجام شده باشد، (۳) شرکت کنندگان در مقایسه با گروه بندی‌هایشان آشنایی نداشته باشند، (۴) گروه‌ها در ابتدا از نظر وزن بدن یکسان باشند، (۵) ارزیابی یکسو کور برای متغیر اصلی وجود داشته باشد، (۶) تعداد افراد خارج شده از پژوهش کمتر از ۱۵ درصد شرکت کنندگان باشد، (۷) تجزیه و تحلیل به صورت ITT^۱ انجام شده باشد، (۸) تفاوت آماری

بین گروهی برای متغیر اصلی گزارش شده باشد، (۹) میانگین، انحراف معیار و میزان معناداری گزارش شده باشد. به تمام سؤالات چک لیست PEDro، با دو گزینه‌ی بله ✓ و یا خیر× پاسخ داده شد. امتیاز دست کم صفر و حداکثر نه بود که در آن ارزش عددی بالاتر، نمایانگر کیفیت بالاتر پژوهش بود.

فرا تحلیل حاضر برای تعیین بررسی تاثیر تمرین های هوازی بر رزیستین و مقاومت به انسولین در افراد دیابتی نوع دو انجام گرفت. برای این منظور، SMD برای متغیرهای رزیستین و مقاومت به انسولین با فاصله اطمینان ۹۵ درصد (CI) با استفاده از مدل اثر تصادفی Random محاسبه شد. برای تعیین ناهمگونی (عدم تجانس) مطالعات، از آزمون کای اسکور (I2) استفاده شد که مقدار ناهمگونی طبق دستورالعمل کوکران به شرح زیر کمتر از ۲۵ درصد= ناهمگونی خفیف، ۲۵-۵۰ درصد= ناهمگونی کم، ۵۰-۷۵ درصد= ناهمگونی متوسط و بیشتر از ۷۵ درصد= ناهمگونی بالا تفسیر شد. در صورت وجود ناهمگونی، تحلیل حساسیت از طریق روش خارج کردن یک به یک مطالعات با لحاظ کردن I2 کمتر از ۵۰ به عنوان ملاک انجام شد (۴۰). هم‌چنین، با استفاده از تفسیر بصری فونل پلات، سوگیری انتشار بررسی شد و در صورت مشاهده سوگیری، آزمون Egger به عنوان یک آزمون تعیین کننده ثانویه استفاده شد که در آن $P\text{-Value}=0/001$ به عنوان وجود سوگیری انتشار معنادار در نظر گرفته شد. آزمون‌های تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار CMA نسخه دو انجام شد (۴۱).

جدول ۱: معیارهای ورود و خروج مطالعات

جدول ۱: معیارهای ورود و خروج مطالعات	
معیار های ورود	(۱) مطالعات کارآزمایی بالینی تصادفی (RCT) ^[۱] و غیر تصادفی (NRS) ^[۲] منتشر شده به فارسی یا انگلیسی
	(۲) مطالعات انجام شده در افراد دیابتی نوع دو
	(۳) مطالعاتی که اطلاعات کافی در خصوص متغیرهای رزیستین و مقاومت به انسولین را در پیش آزمون و پس آزمون در گروه تمرین هوازی و گروه کنترل گزارش کردند.
	(۴) مطالعات بررسی کننده‌ی تاثیر تمرین هوازی در برابر گروه کنترل

جدول ۱: معیارهای ورود و خروج مطالعات

مطالعات انجام گرفته روی حیوانات	معیارهای خروج
مطالعات ارئه شده در همایش	
پایاننامه‌ها	
مطالعاتی که به صورت مروری، نظام‌مند و فراتحلیل به انجام رسیده بود.	
مطالعات متقاطع (Crossover)	
مطالعاتی که اثر تمرین هوازی بدون گروه کنترل را مورد بررسی قرار دادند	
مطالعاتی که داده پس از آزمون متغیرهای رزیستین و مقاومت به انسولین را گزارش نکردند. * نویسندگان به نویسنده مسئول مقالاتی که داده ناقص داشتند، ایمیل ارسال کردند و در صورتی که داده پس از آزمون ارسال نشد، مقاله را حذف کردند.	

یافته‌ها:

کنترل دست کم ۷ نفر (۴۵) و حداکثر ۴۰ نفر (۴۴) بود (جدول ۲).

در ۱۴ مطالعه با (۱۵ مداخله تمرینی) که به فراتحلیل حاضر وارد شد، مدت مداخله تمرین‌های هوازی در هر جلسه دست کم ۴۰ دقیقه و حداکثر ۴۵ تا ۶۵ دقیقه بود (۴۲،۴۴،۴۹). مداخله تمرین هوازی دست کم ۶ هفته و حداکثر ۳۲ هفته بود (۴۵،۴۶،۵۱)؛ که تعداد جلسات تمرین در هر هفته دست کم ۳ جلسه و حداکثر ۵ جلسه بود (جدول ۲) (۲۵،۲۷،۴۲،۴۶،۴۸،۵۰،۵۲).

نتایج بررسی کیفیت مقالات با استفاده از (Pedro) نشان می‌دهد دست کم امتیاز کیفیت مقالات ۴ و حداکثر امتیاز ۵ بود (جدول ۳).

تجزیه و تحلیل داده‌های ۱۵ مداخله تمرین هوازی نشان می‌دهد تمرین‌های هوازی سبب کاهش معنادار رزیستین ($P\text{-Value}=0/038$)، (($-2/114$ الی $0/059$) $-1/087$ SMD=)) در مقایسه با گروه کنترل در افراد دیابتی نوع دو شده است (شکل ۲). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد ناهمگونی معناداری وجود دارد ($I^2=90/197$ ، $P\text{-Value}=0/001$).

نتیجه آزمون Egger نشان‌دهنده عدم وجود سوگیری انتشار برای رزیستین ($P\text{-Value}=0/539$) بود.

تجزیه و تحلیل داده‌های ۱۴ مداخله تمرین هوازی نشان می‌دهد تمرین‌های هوازی سبب کاهش معنادار مقاومت به انسولین ($P\text{-Value}=0/004$)، (($-1/467$ الی $0/282$) $-0/875$ SMD=))

براساس جست‌وجو در پایگاه‌های اطلاعات علمی تا سپتامبر ۲۰۲۴، ۸۸۹ مطالعه یافت شد و بعد از حذف مطالعات تکراری (۳۹۵ مطالعه)، ۴۹۴ مطالعه برای غربالگری اولیه باقی ماند. پس از بررسی عناوین و چکیده مطالعات (۴۶۸ مطالعه)، ۲۶ مطالعه برای ارزیابی متن کامل انتخاب شدند. بعد از بررسی متن کامل مطالعات (۱۲ مطالعه)، ۳ مطالعه به دلیل عدم داده پس از آزمون، ۲ مطالعه به دلیل عدم وجود متغیرهای پژوهش، ۳ مطالعه به دلیل عدم متن کامل مطالعه، ۴ مطالعه به دلیل عدم وجود گروه کنترل از مطالعه خارج شدند و در نهایت ۱۵ مطالعه وارد فراتحلیل حاضر شد. ۱۴ مطالعه با (۱۵ مداخله تمرینی)، برای متغیر رزیستین با ۱۴ مطالعه و (۱۵ مداخله)، برای متغیر مقاومت به انسولین ۱۳ مطالعه و (۱۴ مداخله) وجود داشت.

۴۵۶ شرکت کننده وارد مطالعه فراتحلیل حاضر شد که ۱۶۱ نفر آن‌ها مرد و ۲۹۵ نفر آن‌ها زن بودند که همه شرکت کنندگان، افراد دیابتی نوع دو بودند. ۲۳۶ شرکت کننده با میانگین سنی $45/23 \pm 3/90$ سال و شاخص توده بدنی $28/65 \pm 4/27$ کیلوگرم در متر مربع در گروه تمرین هوازی و ۲۲۰ شرکت کننده با میانگین سنی $45/35 \pm 5/89$ سال و شاخص توده بدنی $28/42 \pm 4/01$ کیلوگرم در متر مربع در گروه کنترل بودند. در مطالعات وارد شده، گروه کنترل هیچ گونه تمرین ورزشی انجام ندادند. دست کم تعداد شرکت کنندگان در مطالعات ۱۶ نفر (۴۵) و حداکثر ۷۹ نفر (۴۴) بود و دست کم تعداد شرکت کنندگان در گروه مداخله ۸ نفر (۴۹) و حداکثر ۳۹ نفر (۴۴) و در گروه



($I^2 = 75/914$, $P\text{-Value} = 0/001$). نتیجه آزمون Egger نشان‌دهنده عدم وجود سوگیری انتشار برای مقاومت به انسولین ($P\text{-Value} = 0/426$) بود

($SMD =$) در مقایسه با گروه کنترل در افراد دیابتی نوع دو شده است (شکل ۳). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد ناهمگونی معناداری وجود دارد

جدول ۲: ویژگی آزمودنی‌های مطالعات

مطالعه - سال	نوع مطالعه - کشور	نمونه (جنسیت)	ویژگی‌های آزمودنی‌ها	متغیرها	سن (سال)	BMI (kg/m^2)	نوع تمرین	طول مداخله به هفته (تعداد جلسات در هفته)	مدت تمرین (دقیقه)	تمرین و شدت تمرین
رجبی و همکارانش (۴۲)	RCT - ایران	۲۴ زن	دیابت نوع دو	رزیستین مقاومت به انسولین	مداخله (۱۲ نفر): $6/81 \pm$ کنترل (۱۲ نفر): $5/62 \pm$	مداخله: $1/50 \pm$ کنترل: $3/36 \pm$	هوازی	۸ هفته ۳ جلسه	۴۵ تا ۶۵	تمرین ایروبیک و دویدن با شدت ۶۰ تا ۷۵ درصد ضربان قلب بیشینه
سلیمی آوانسر (۴۳)	RCT - ایران	۲۸ مرد	دیابت نوع دو	رزیستین	مداخله (۱۴ نفر): $5 \pm$ کنترل (۱۴ نفر): $5 \pm$	مداخله: $1/90 \pm$ کنترل: $1/90 \pm$	تناوبی بی هوازی	۸ هفته ۳ جلسه	-	تمرین دویدن با شدت ۷۰ تا ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب
ولیزاده و همکارانش (۲۵)	RCT - ایران	۲۲ زن	دیابت نوع دو	رزیستین مقاومت به انسولین	مداخله (۱۱ نفر): $2/33 \pm$ کنترل (۱۱ نفر): $2/33 \pm$	مداخله: $0/76 \pm$ کنترل: $0/74 \pm$	هوازی	۸ هفته ۳ جلسه	۶۰	تمرین دویدن و ایروبیک با شدت ۶۰ تا ۸۰ درصد ضربان قلب بیشینه
عبدالقادر و الفجری (۴۴)	RCT - عربستان	۷۹ زن و ۳۱ مرد (۴۸ زن و ۳۱ مرد)	دیابت نوع دو	رزیستین مقاومت به انسولین	مداخله (۳۹ نفر): $6/26 \pm$ کنترل (۴۰ نفر): $5/91 \pm$	مداخله: $3/87 \pm$ کنترل: $3/22 \pm$	هوازی	۱۲ هفته ۳ جلسه	۴۰	تمرین دویدن بر روی تردمیل با شدت ۶۰ تا ۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره
ژانگ و همکارانش (۲۷)	RCT - چین	۳۲ زن و ۱۷ مرد (۱۵ زن و ۱۷ مرد)	دیابت نوع دو	رزیستین مقاومت به انسولین	مداخله (۱۷ نفر): $10/50 \pm$ کنترل (۱۵ نفر): $11/10 \pm$	مداخله: $3/80 \pm$ کنترل: $3/20 \pm$	هوازی	۱۲ هفته ۵ جلسه	۶۰	تمرین ایروبیک دوچرخه با شدت ۵۰ تا ۷۰ درصد ضربان قلب



جدول ۲: ویژگی آزمودنی‌های مطالعات

مطالعه - سال	نوع مطالعه - کشور	نمونه (جنسیت)	ویژگی‌های آزمودنی‌ها	مغذی‌ها	سن (سال)	BMI (kg/m^2)	نوع تمرین	طول مداخله به هفته (تعداد جلسات در هفته)	مدت تمرین (دقیقه)	تمرین و شدت تمرین
عبدی و ایروانی (۴۵)	RCT - ایران	۱۶ زن	دیابت نوع دو	رزیستین مقاومت به انسولین	مداخله ۹) (نفر): $\pm 5/65$ $50/50$ کنترل ۷) (نفر): $\pm 8/06$ $49/50$	مداخله: $\pm 3/51$ $29/45$ کنترل: $\pm 3/29$ $26/77$	هوازی	۶ هفته ۳ جلسه	۲۵ تا ۴۵	تمرین دویدن با شدت ۶۰ تا ۷۵ درصد ضربان قلب ذخیره
کاظمی و همکارانش (۴۶)	RCT - ایران	۲۳ زن	دیابت نوع دو	رزیستین مقاومت به انسولین	مداخله ۱۲) (نفر): $\pm 2/60$ $28/39$ کنترل ۱۱) (نفر): $\pm 4/33$ $29/18$	مداخله: $\pm 6/73$ $25/13$ کنترل: $\pm 4/82$ $24/30$	هوازی	۶ هفته ۳ جلسه	۳۰ تا ۴۵	تمرین در آب با شدت ۵۰ تا ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه
سوری و همکارانش (۲۶)	RCT - ایران	۲۴ زن	دیابت نوع دو	رزیستین مقاومت به انسولین	مداخله ۸) (نفر): $\pm 3/45$ $41/80$ مداخله ۸) (نفر): $\pm 3/45$ $41/80$ کنترل ۸) (نفر): $\pm 3/45$ $41/80$	مداخله ۱): $\pm 3/90$ $30/33$ مداخله ۲): $\pm 3/11$ $29/42$ کنترل: $\pm 4/94$ $30/84$	تداومی با شدت متوسط اینتروال هوازی با شدت بالا	۱۶ هفته ۳ جلسه	مداخله ۱): ۵۰ تا ۳۵ مداخله ۲): ۴۰	تمرین تداومی دویدن با شدت ۴۰ تا ۵۵ درصد ضربان قلب بیشینه، تمرین اینتروال دویدن با شدت ۷۵ تا ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه
توفیقی و همکارانش (۴۷)	RCT - ایران	۲۷ زن	دیابت نوع دو	رزیستین مقاومت به انسولین	مداخله ۱۴) (نفر): $\pm 5/43$ $58/33$ کنترل ۱۳) (نفر): $\pm 5/00$ $61/25$	مداخله ۱): $\pm 5/08$ $31/91$ کنترل: $\pm 2/15$ $31/69$	هوازی	۱۲ هفته ۳ جلسه	۲۰ تا ۵۰	تمرین پیاده روی بر روی تردمیل با شدت ۵۰ تا ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه



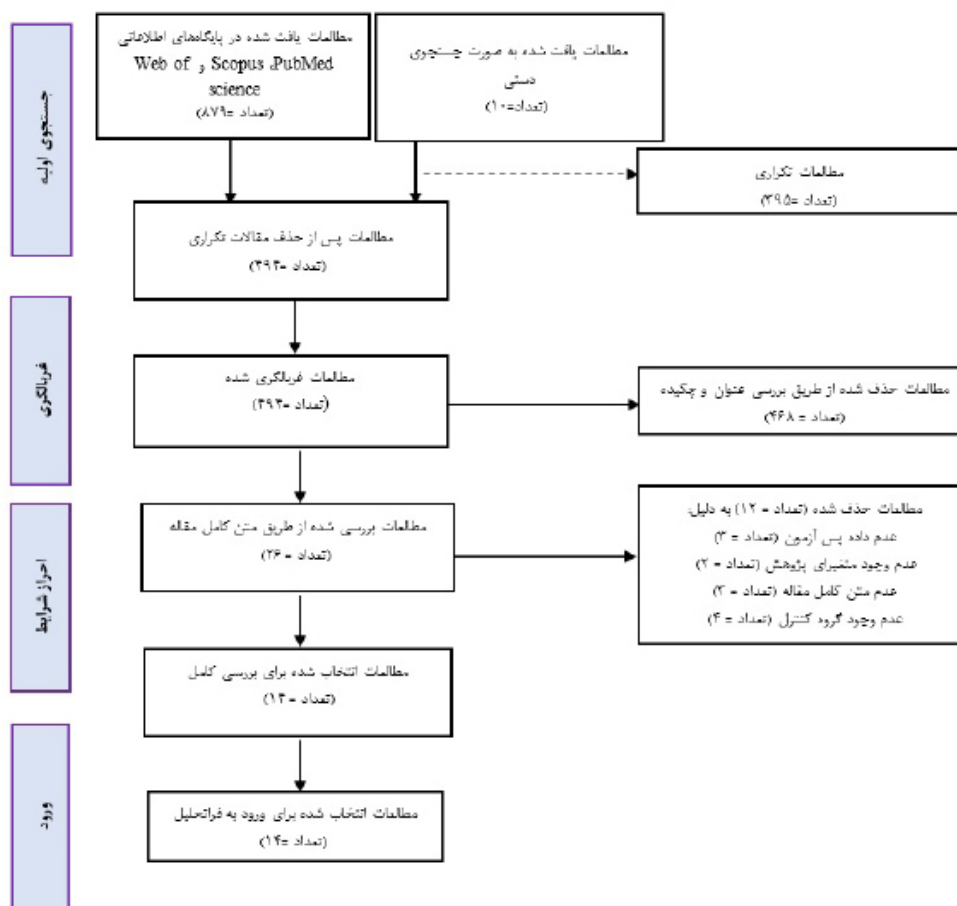
جدول ۲: ویژگی آزمودنی‌های مطالعات

مطالعه - سال	نوع مطالعه - کشور	نمونه (جنسیت)	ویژگی‌های آزمودنی‌ها	متغیرها	سن (سال)	BMI (kg/m^2)	نوع تمرین	طول مداخله به هفته (تعداد جلسات در هفته)	مدت تمرین (دقیقه)	تمرین و شدت تمرین
توفیقی و صمدیان (۴۸)	RCT - ایران	۲۷ زن	دیابت نوع دو	رزیستین مقاومت به انسولین	مداخله (۱۴ نفر): $\pm 5/43$ کنترل (۱۳ نفر): $\pm 5/00$	مداخله: $\pm 5/08$ کنترل: $\pm 2/15$	هوازی	۱۲ هفته ۳ جلسه	۲۰ تا ۵۰	تمرین پیاده روی بر روی تردمیل با شدت ۵۰ تا ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه
شوندی و همکارانش (۴۹)	RCT - ایران	۳۰ مرد	دیابت نوع دو	رزیستین مقاومت به انسولین	مداخله (۱۵ نفر): $\pm 6/65$ کنترل (۱۵ نفر): $\pm 4/50$	مداخله: $\pm 3/75$ کنترل: $\pm 2/17$	هوازی	۸ هفته ۳ جلسه	۴۰ تا ۵۰	تمرین دویدن بر روی نوارگردان با شدت ۳۰ تا ۷۵ درصد ضربان قلب بیشینه
جورجی و همکارانش (۵۰)	RCT - برزیل	۲۴ زن	دیابت نوع دو	رزیستین مقاومت به انسولین	مداخله (۱۲ نفر): $\pm 8/71$ کنترل (۱۲ نفر): $\pm 9/82$	مداخله: $\pm 2/09$ کنترل: $\pm 4/90$	هوازی	۱۲ هفته ۳ جلسه	۶۰	تمرین دوچرخه سواری
کادوگلو و همکارانش (۵۱)	RCT - یونان	۴۶ زن و ۲۹ زن و ۱۷ مرد	دیابت نوع دو	رزیستین مقاومت به انسولین	مداخله (۲۳ نفر): $\pm 7/09$ کنترل (۲۳ نفر): $\pm 9/28$	مداخله: $\pm 56/91$ کنترل: $\pm 60/32$	هوازی	۳۲ هفته ۴ جلسه	۶۰	تمرین دویدن بر روی تردمیل با شدت ۵۰ تا ۸۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی
کادوگلو و همکارانش (۲۸)	RCT - یونان	۵۴ زن و ۳۱ زن و ۲۳ مرد	دیابت نوع دو	رزیستین مقاومت به انسولین	مداخله (۲۸ نفر): $\pm 6/70$ کنترل (۲۶ نفر): $\pm 9/28$	مداخله: $\pm 3/79$ کنترل: $\pm 3/41$	هوازی	۱۶ هفته ۴ جلسه	۴۵ تا ۶۰	تمرین دویدن بر روی تردمیل با شدت ۵۰ تا ۸۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی



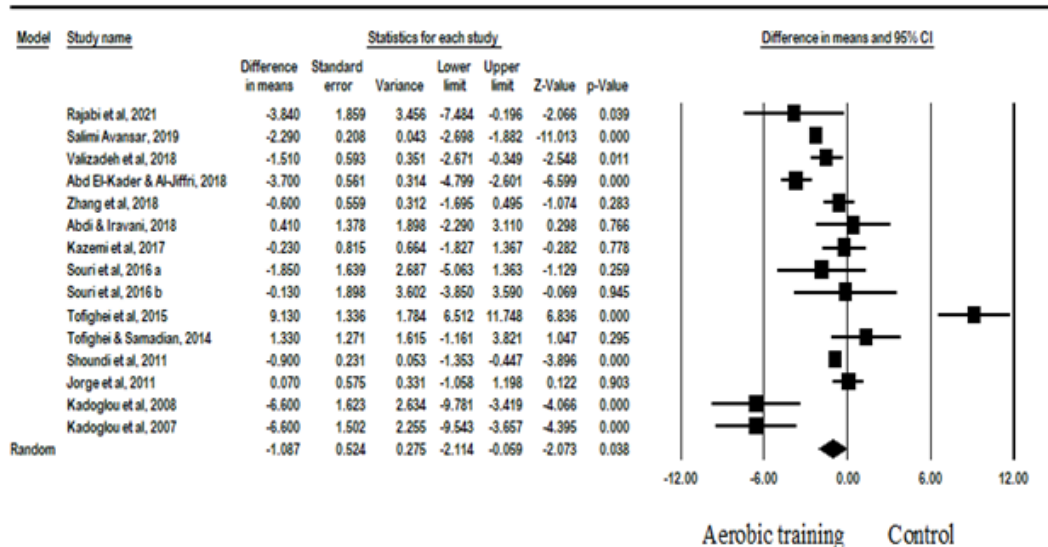
جدول ۳: ارزیابی کیفیت مطالعات براساس ابزار PEDro

مطالعه - سال	۱- مشخص بودن ضوابط واجد شرایط بودن آزمودنی‌ها	۲- اختصاص شرکت کنندگان به‌طور تصادفی به گروه‌های گوناگون	۳- آشنایی نداشتن شرکت کنندگان در مقایسه با گروه‌بندی‌های پیشان	۴- یکسان بودن آزمودنی‌ها از نظر وزن بدن در گروه‌های گوناگون مطالعه	۵- وجود ارزیابی یکسو کور برای متغیر اصلی پژوهش	۶- خروج کمتر از ۱۵ درصد شرکت کنندگان از پژوهش	۷- انجام تجزیه و تحلیل به‌صورت Intention to treat (ITT)	۸- وجود گزارش تفاوت آماری بین گروهی برای متغیر اصلی پژوهش	۹- وجود گزارش میانگین، انحراف معیار و میزان معناداری (P value)	امتیاز
رجبی و همکارانش (۴۲)	✓	✓	×	✓	×	×	×	✓	✓	۵
سلیمی آوانسر (۴۳)	✓	✓	×	✓	×	×	×	✓	✓	۵
ولیزاده و همکارانش (۲۵)	✓	✓	×	✓	×	×	×	✓	✓	۵
عبدالقادر و الفجری (۴۴)	✓	✓	×	×	×	×	×	✓	✓	۴
ژانگ و همکارانش (۲۷)	✓	✓	×	✓	×	×	×	✓	✓	۵
عبدی و ایروانی (۴۵)	✓	✓	×	×	×	×	×	✓	✓	۴
کاظمی و همکارانش (۴۶)	✓	✓	×	✓	×	×	×	✓	✓	۵
سوری و همکارانش (۲۶)	✓	✓	×	✓	×	×	×	✓	✓	۵
توفیقی و همکارانش (۴۷)	✓	✓	×	✓	×	×	×	✓	✓	۵
توفیقی و صمدیان (۴۸)	✓	✓	×	✓	×	×	×	✓	✓	۵
شوندی و همکارانش (۴۹)	✓	✓	×	✓	×	×	×	✓	✓	۵
جورجی و همکارانش (۵۰)	✓	✓	×	×	×	×	×	✓	✓	۴
کادوگلو و همکارانش (۵۱)	✓	✓	×	✓	×	×	×	✓	✓	۵
کادوگلو و همکارانش (۲۸)	✓	✓	×	✓	×	×	×	✓	✓	۵



شکل ۱: فلوچارت انتخاب مطالعات

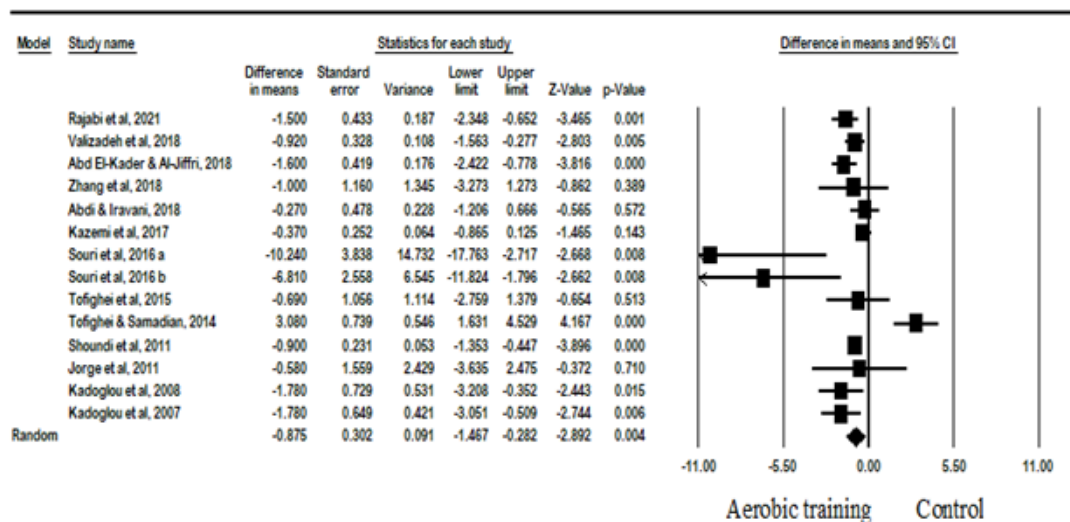
Meta Analysis



Meta Analysis

شکل ۲: نمودار فارست پلات، اثر تمرین های هوازی بر ریزستین در افراد دیابتی نوع دو

Meta Analysis



Meta Analysis

شکل ۳: نمودار فارست پلات، اثر تمرین های هوازی بر مقاومت به انسولین در افراد دیابتی نوع دو

بحث و نتیجه گیری:

ژانگ، پژوهشگران بیان کرده اند ۱۲ هفته تمرین هوازی موجب کاهش رزیستین در مقایسه با گروه کنترل در افراد دیابتی نوع دو شده است (۲۷،۴۴). اما در پژوهش عبدی و ایروانی گزارش کرده اند پس از ۶ هفته تمرین هوازی تفاوت معنادار بر مقادیر رزیستین در زنان دیابتی نوع دو نیافته اند (۴۵). علت تناقض برخی پژوهش ها می تواند تفاوت در نوع آزمودنی ها، نوع، شدت و مدت تمرین های هوازی، عدم تغییر در وزن بدن و درصد چربی بدن باشد.

مکانیسمی که می تواند باعث کاهش رزیستین در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو شود کاهش وزن و درصد چربی بدن است که به دلیل انجام دادن فعالیت های ورزشی رخ می دهد (۵۳). ترشح رزیستین را عوامل گوناگون، از جمله سایتوکاین هایی نظیر IL-6، TNF- α و هورمون رشد تحت تاثیر قرار می دهد (۵۴-۵۶). مقادیر رزیستین سرم افراد دراصل از سلول های التهابی مانند منوسیت ها و ماکروفاژها سنتز شده و وارد جریان خون می شود و از آنجایی که سایتوکاین هایی نظیر IL-6، TNF- α و IL-1 موجب تحریک بیان ژن رزیستین در سلول های تک هسته ای خون شده و موجب افزایش مقادیر سرمی رزیستین می شود (۵۷،۵۸). از طرفی دیگر نیز در انسان، رزیستین علاوه بر بافت چربی

هدف پژوهش فراتحلیل حاضر، بررسی تاثیر تمرین های هوازی بر رزیستین و مقاومت به انسولین در افراد دیابتی نوع دو بود. نتایج ۱۴ مطالعه با (۱۵ مداخله تمرینی) روی ۴۵۶ آزمودنی دیابتی نوع دو حاکی است انجام تمرین های هوازی سبب کاهش معنادار رزیستین و مقاومت به انسولین در افراد دیابتی نوع دو در مقایسه با گروه کنترل شده است.

تجزیه و تحلیل یافته های پژوهش حاضر نشان می دهد تمرین های هوازی سبب کاهش معنادار رزیستین و در افراد دیابتی نوع دو در مقایسه با گروه کنترل شد. در تایید نتایج این پژوهش رجبی و همکارانش گزارش کردند ۸ هفته تمرین هوازی موجب کاهش معنادار رزیستین در مقایسه با گروه کنترل در زنان چاق و مبتلا به دیابت نوع دو شده است (۲۵). در پژوهشی دیگر سلیمی آوانسر بیان کرده اند ۸ هفته تمرین تناوبی بی هوازی موجب کاهش معنادار رزیستین در مردان چاق و مبتلا به دیابت نوع دو شده است (۴۳). همچنین، ولیزاده و همکارانش گزارش کرده اند ۸ هفته تمرین هوازی موجب کاهش معنادار رزیستین در مقایسه با گروه کنترل در زنان چاق و مبتلا به دیابت نوع دو شد (۲۵). در پژوهش های عبدالقادر و الفجری و



انسولین نظیر افزایش بیان ERK2، افزایش فعالیت PI3K یا Akt/PKB و بهبود سیگنال AMPK (۶۰)، تغییر در ترکیب عضله (افزایش چگالی مویرگی در فیبرهای عضلانی و تبدیل فیبرهای عضلانی تندانقباض به فیبرهای تندانقباض اکسایشی)، افزایش تحویل گلوکز به عضله، کاهش تجمع تری گلیسرید در سلول عضلانی و کاهش رهایش اسیدهای چرب و افزایش اکسایش و پاکسازی آن‌ها، مقاومت به انسولین را تعدیل می‌کند (۶۰، ۶۱).

پژوهش حاضر چند نقطه قوت دارد. با توجه به اینکه تفاوت در نوع تمرین و مدت تمرین می‌تواند بر نتایج فراتحلیل اثرگذار باشد، پروتکل‌های ورزشی مطالعات وارد شده در این فراتحلیل شامل تمرین‌های گوناگون هوازی بود. با این وجود، مطالعه حاضر دارای محدودیت‌هایی نیز می‌باشد. ۱- تعداد مطالعاتی که اثر تمرین‌های گوناگون هوازی بر مقادیر رزیستین و مقاومت به انسولین در افراد دیابتی نوع دو را بررسی کردند، محدود بود، که در این فراتحلیل از مطالعات کوهورت و RCT استفاده شد. ۲- مطالعات وارد شده حجم نمونه کمی داشتند. ۳- نتایج تحلیل داده‌ها نشان دهنده میزان بالایی از ناهمگونی بود که لازم است در زمان تحلیل نتایج در نظر گرفته شود. ۴- مطالعات تصادفی موجود تخصیص پنهان را گزارش نکرده بودند و ارزیابی یکسو کور برای متغیر اصلی پژوهش (رزیستین و مقاومت به انسولین) وجود نداشت. ۵- بیماران در مطالعات داروهای متفاوتی مصرف می‌کردند، بی‌حرک بودند و تعداد سال‌های مبتلا شدن آنها به دیابت متفاوت بود. بنابراین پیشنهاد می‌شود با افزایش تعداد مطالعات اولیه در سال‌های آینده، انجام یک مطالعه فراتحلیل با تعداد مطالعات بیشتر جهت انجام تحلیل زیرگروهی براساس سن، BMI و مولفه‌های دیگر پروتکل تمرینی از جمله مدت هر جلسه تمرین، شدت تمرین و تعداد جلسات در هفته لازم و ضروری به نظر می‌رسد.

نتیجه‌گیری:

به‌طور کلی مطالعه حاضر نشان داد تمرین‌های هوازی سبب کاهش مقادیر سرمی رزیستین و مقاومت به انسولین

از سلول‌های تک هسته‌ای خون و لکوسیت‌ها نیز تولید می‌شود، بنابراین ممکن است فعالیت ورزشی با ویژگی ضدالتهابی خود موجب کاهش مقادیر سرمی رزیستین شود (۵۹).

تجزیه و تحلیل یکی دیگر از یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد تمرین‌های هوازی سبب کاهش معنادار مقاومت به انسولین در افراد دیابتی نوع دو در مقایسه با گروه کنترل شده است. در تایید نتایج این پژوهش رجبی و همکارانش گزارش داده‌اند ۸ هفته تمرین هوازی موجب کاهش معنادار مقاومت به انسولین در مقایسه با گروه کنترل در زنان چاق و مبتلا به دیابت نوع دو شد (۲۵). و در پژوهشی دیگر، سلیمی آوانسر بیان کرده‌اند ۸ هفته تمرین تناوبی بی‌هوازی موجب کاهش معناداری مقاومت به انسولین در مردان چاق و مبتلا به دیابت نوع دو شده است (۴۳). همچنین، ولی‌زاده و همکارانش گزارش کرده اند ۸ هفته تمرین هوازی موجب کاهش معناداری مقاومت به انسولین در مقایسه با گروه کنترل در زنان چاق و مبتلا به دیابت نوع دو شده است (۲۵). در پژوهش‌های عبدالقادر و الفجری و ژانگ و همکارانش عنوان شده است که ۱۲ هفته تمرین هوازی موجب کاهش مقاومت به انسولین در مقایسه با گروه کنترل در افراد دیابتی نوع دو شد (۲۷، ۴۴). در تحقیقی عبدی و ایروانی گزارش کردند پس از ۶ هفته تمرین هوازی کاهش معنادار بر مقادیر مقاومت به انسولین در زنان دیابتی نوع دو ایجاد شد (۴۵). اگرچه، روش اجرا، سن آزمودنی‌ها، جنسیت، وضعیت بدنی و نوع تمرین، شدت تمرین، مدت زمان تمرین ورزشی در پژوهش‌های بیان شده متفاوت بود ولی نتایج همه تحقیقات حاکی از کاهش معنادار مقاومت انسولین در بیماران دیابتی نوع ۲ چاق بود.

مکانیسمی که موجب کاهش مقاومت به انسولین بر اثر تمرین ورزشی در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو می‌شود افزایش پیام‌های پس‌سیناپسی انسولین، افزایش پروتئین mRNA و ناقل گلوکز ایزوform ۴، افزایش گلیکوژن سنتاز، پروتئین کیناز B و هگزو کیناز، بهبود پیام‌رسانی داخل سلولی انسولین و تاثیر بر مولکول‌های واسط در سیگنال



در افراد دیابتی نوع دو شود منوط به اینکه برنامه تمرینی از شدت و مدت کافی و مناسب برخوردار باشد به طوری که بتواند در بدن افراد دارای اضافه وزن و چاق تعادل منفی انرژی ایجاد کند و باعث کاهش وزن و درصد چربی بدن آنها شود. از این رو، به نظر می‌رسد تمرین های هوازی منوط به وجود پیش فرض تغییر تعادل انرژی بدن با تنظیم غلظت مقادیر سرمی رزیستین و مقاومت به انسولین ارتباط دارد و انجام تمرین های هوازی منظم به عنوان یک راهکار غیردارویی و موثر برای بهبود و تنظیم مقادیر سرمی رزیستین و مقاومت به انسولین در افراد دیابتی نوع دو پیشنهاد می‌شود.

ملاحظات اخلاقی:

پیروی از اصول اخلاق در پژوهش

این مطالعه مروری است و فاقد کد اخلاق است.

حامی مالی

این مقاله از طرف هیچ گونه نهاد یا موسسه ای حمایت مالی نشده و تمام منابع مالی آن از طرف نویسندگان تامین شده است.

مشارکت نویسندگان

عباسعلی گائینی: اعتبارسنجی، تحلیل، تحقیق و بررسی، روش شناسی، نگارش پیش نویس؛ مراد حسینی: روش شناسی، اعتبارسنجی، تحلیل، تحقیق و بررسی، منابع، نگارش پیش نویس، مدیریت پروژه؛ امیدظفرمند: مفهوم سازی، منابع، نگارش پیش نویس، ویراستاری و نهایی نوشته.

تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافی در پژوهش حاضر وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

از نویسندگانی که داده های مطالعات خود را در اختیار ما قرار دادند، تشکر می‌نماییم.



References

1. KhajehLandi M, Bolboli L, Bolbol S, Zabihi B. Effect of one course Pilates exercise program on serum levels of resistin, visfatin, and chemerin in overweight women. *Intern Med Today*. 2020; 27(1):98-113. DOI: [10.32598/hms.27.1.3004.1](https://doi.org/10.32598/hms.27.1.3004.1)
2. Ferrari F, Bock PM, Motta MT, Helal L. Biochemical and molecular mechanisms of glucose uptake stimulated by physical exercise in insulin resistance state: Role of inflammation. *Arq Bras Cardiol*. 2019; 113(6):1139-48. DOI: [10.5935/abc.20190224](https://doi.org/10.5935/abc.20190224) PMID: [31644699](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31644699/)
3. Yousefipoor P, Tadibi V, Behpoor N, Parnow A, Delbari M, Rashidi S. Effects of aerobic exercise on glucose control and cardiovascular risk factor in type 2 diabetes patients. *MJMS*. 2015; 57(9):976-84. [In Persian] DOI: [10.22038/mjms.2015.3882](https://doi.org/10.22038/mjms.2015.3882)
4. Yarmohammadi M, Behboudi L, Eizadi M. Effect of aerobic training on glucose-6-phosphatase expression in the liver hepatocytes and fasting glucose in type II diabetic rats. *J Diabetes Nurs*. 2019; 6(4):618-30. [In Persian] [Link](#)
5. Abedi B AR, Saremi A. The effect of acute endurance training on plasma irisin and insulin resistance in obese and overweight women. *CMJA*. 2017; 7(2):1887-96. [In Persian] [Link](#)
6. Ramezankhani A, Soori R, Ravasi A, Akbarnejad A. Comparison of aerobic exercise and caloric restriction on serum preptin levels and indicators of insulin resistance in obese sedentary women. *IJEM*. 2015; 17:308-15. [In Persian] [Link](#)
7. Gholamimoghadam S, Mogharnasi M. The effect of spirulina supplementation and Circuit Resistance Training (CRT) on plasma values of resistin, and some indicators of body composition of overweight, and obese police officers. *J Police Med*. 2021; 10(3):149-58. [In Persian] DOI: [10.30505/10.3.149](https://doi.org/10.30505/10.3.149)
8. Baigzadeh M, Delavar SH, Safikhani H. The effect of training (aerobic and concurrent) and cinnamon supplementation on the plasma levels of visfatin and adiponectin in overweight diabetic men. *J Clin Res Paramed Sci*. 2020; 9(2):e90606. DOI: [10.5812/jcrps.90906](https://doi.org/10.5812/jcrps.90906)
9. Azamar-Llamas D, Hernández-Molina G, Ramos-Ávalos B, Furuzawa-Carballeda J. Adipokine contribution to the pathogenesis of osteoarthritis. *Mediators Inflamm*. 2017; 2017:5468023. DOI: [10.1155/2017/5468023](https://doi.org/10.1155/2017/5468023) PMID: [28490838](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28490838/)
10. Recinella L, Orlando G, Ferrante C, Chiavaroli A, Brunetti L, Leone S. Adipokines: New potential therapeutic target for obesity and metabolic, rheumatic, and cardiovascular diseases. *Front Physiol*. 2020; 11:578966. DOI: [10.3389/fphys.2020.578966](https://doi.org/10.3389/fphys.2020.578966) PMID: [33192583](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33192583/)
11. Villarroya J, Cereijo R, Villarroya F. An endocrine role for brown adipose tissue? *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2013; 305(5):E567-72. DOI: [10.1152/ajpendo.00250.2013](https://doi.org/10.1152/ajpendo.00250.2013) PMID: [23839524](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23839524/)
12. Tan Y, Tam CC, Rolston M, Alves P, Chen L, Meng S, et al. Quercetin ameliorates insulin Resistance and restores gut microbiome in mice on high-fat diets. *Antioxidants (Basel)*. 2021; 10(8):1251. DOI: [10.3390/antiox10081251](https://doi.org/10.3390/antiox10081251) PMID: [34439499](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34439499/)
13. Kojta I, Chacińska M, Błachnio-Zabielska A. Obesity, Bioactive lipids, and adipose tissue inflammation in insulin resistance. *Nutrients*. 2020; 12(5):1305. DOI: [10.3390/nu12051305](https://doi.org/10.3390/nu12051305) PMID: [32375231](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32375231/)
14. Liu SX, Zheng F, Xie KL, Xie MR, Jiang LJ, Cai Y. Exercise reduces insulin resistance in type 2 diabetes mellitus via mediating the lncRNA MALAT1/MicroRNA-382-3p/Resistin Axis. *Mol Ther Nucleic Acids*. 2019; 18:34-44. DOI: [10.1016/j.omtn.2019.08.002](https://doi.org/10.1016/j.omtn.2019.08.002) PMID: [31479923](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31479923/)
15. Codoñer-Franch P, Alonso-Iglesias E. Resistin: insulin resistance to malignancy. *Clin Chim Acta*. 2015; 438:46-54. DOI: [10.1016/j.cca.2014.07.043](https://doi.org/10.1016/j.cca.2014.07.043) PMID: [25128719](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25128719/)
16. Miethe C, Raign K, Zamora M, Price RS. The differential role of resistin on invasive liver cancer cells. *Horm Mol Biol Clin Investig*. 2023; 44(3):285-93. DOI: [10.1515/hmbci-2022-0063](https://doi.org/10.1515/hmbci-2022-0063) PMID: [36867542](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36867542/)
17. Aujoulat I, Marcolongo R, Bonadiman L, Deccache A. Reconsidering patient empowerment in chronic illness: A critique of models of self-efficacy and bodily control. *Soc Sci Med*. 2008; 66(5):1228-39. DOI: [10.1016/j.socscimed.2007.11.034](https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2007.11.034) PMID: [18155338](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18155338/)
18. Pibernik-Okanovic M, Prasek M, Poljicanin-Filipovic T, Pavlic-Renar I, Metelko Z. Effects of an empowerment-based psychosocial intervention on quality of life and metabolic control in type 2 diabetic patients. *Patient Educ Couns*. 2004; 52(2):193-9. DOI: [10.1016/s0738-3991\(03\)00038-7](https://doi.org/10.1016/s0738-3991(03)00038-7) PMID: [15132525](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15132525/)
19. Nasiri R, Meshkati Z, Nasiri S. Regular aerobic/resistance exercises and garlic extract supplementation effects in pregnancy outcome of Balb/C mice. *JAHSSP*. 2017; 4(2):89-96. [In Persian] DOI: [10.22049/jassp.2019.26477.1192](https://doi.org/10.22049/jassp.2019.26477.1192)
20. Larsen S, Danielsen JH, Søndergård SD, Søgaard D, Vigelsø A, Dybbøe R, et al. The effect of high-intensity training on mitochondrial fat oxidation in skeletal muscle and subcutaneous adipose tissue. *Scand J Med Sci Sports*. 2015; 25(1):e59-69. DOI: [10.1111/sms.12252](https://doi.org/10.1111/sms.12252) PMID: [24845952](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24845952/)
21. Ramezani S, Poorrahim A, Yaghoubi M, Rasuli M. The effect of different types of exercise on indicators related to type 2 diabetes: A systematic review. *Feyz Med Sci Journal*. 2023; 27(3):340-54. [In Persian] DOI: [10.48307/FMSJ.2023.27.3.340](https://doi.org/10.48307/FMSJ.2023.27.3.340)
22. Ramezani S, Pourrahim GA, Yaghobi M, Afroundeh R, Rasuli M. The effect of eight weeks of resistance training on the plasma levels of preptin and endothelin 1 in men with type 2 diabetes. *IJDM*. 2023; 23(2):80-90. [In Persian] [Link](#)
23. Chaudhury A, Duvoor C, Reddy Dendi VS, Kraleti S, Chada A, Ravilla R, et al. Clinical review of antidiabetic drugs: implications for type 2 diabetes mellitus management. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2017; 8:6. DOI: [10.3389/fendo.2017.00006](https://doi.org/10.3389/fendo.2017.00006) PMID: [28167928](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28167928/)
24. Taji Tabas A, Mogharnasi M. The effect of 10 week resistance exercise training on serum levels of nesfatin-1 and insulin resistance index in woman with type 2 diabetes.



- IJDM. 2015; 14(3):179-88. [In Persian] [Link](#)
25. Valizadeh A, Akbarnejad A, Yare M, Rajabi A, Bavardi-Moghadam E. The effect of aerobic exercise on resistin, glycated hemoglobin, indicator of insulin resistance and some cardiovascular risk factors in obese women with type 2 diabetes. JSB. 2018; 10(3):263-82. [In Persian] DOI: [10.22059/jsb.2018.204360.1065](#)
 26. Souri R, Khosravi N, Yazdan Dost H, Hossein Aiti M. A comparison of moderate intensity continuous training and high intensity interval training on serum levels of Resistin and Insulin resistance in type-2 diabetic obese women. JSB. 2016; 8(3):365-80. [In Persian] DOI: [10.22059/jsb.2016.59504](#)
 27. Zhang LY, Liu T, Teng YQ, Yao XY, Zhao TT, Lin LY, et al. Effect of a 12-week aerobic exercise training on serum fetuin-A and adipocytokine levels in type 2 diabetes. Exp Clin Endocrinol Diabetes. 2018; 126(8):487-92. DOI: [10.1055/s-0043-115904](#) PMID: [28750433](#)
 28. Kadoglou NP, Perrea D, Iliadis F, Angelopoulou N, Liapis C, Alevisos M. Exercise reduces resistin and inflammatory cytokines in patients with type 2 diabetes. Diabetes Care. 2007; 30(3):719-21. DOI: [10.2337/dc06-1149](#) PMID: [17327348](#)
 29. Ramezani S, Siahkhouhian M. The effect of exercise training on the changes of adipokines in adipose tissue in patients with type 2 diabetes: A review. IJDM. 2024; 24(2):77-91. [In Persian] [Link](#)
 30. Papagianni G, Panayiotou C, Vardas M, Balaskas N, Antonopoulos C, Tachmatzidis D, et al. The anti-inflammatory effects of aerobic exercise training in patients with type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. Cytokine. 2023; 164:156157. DOI: [10.1016/j.cyto.2023.156157](#) PMID: [36842369](#)
 31. Moher D, Shamseer L, Clarke M, Ghersi D, Liberati A, Petticrew M, et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. Syst Rev. 2015; 4(1):1. DOI: [10.1186/2046-4053-4-1](#) PMID: [25554246](#)
 32. Tarsilla M. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions. JMDE. 2010; 6(14):142-8. DOI: [10.56645/jmde.v6i14.284](#)
 33. Mogharnasi M, Kazeminasab F, Zafarmand O, Hassanpour N. The effect of aerobic and resistance training on Omentin-1 and Nesfatin-1 levels in adults: A systematic review and meta-Analysis. J Birjand Univ Med Sci. 2024; 30(4):295-315. [In Persian] DOI: [10.61186/JBUMS.30.4.295](#)
 34. Kazemi Nesab F, Zafarmand O. Comparison of the effects of high-intensity intermittent training and moderate-intensity continuous training on cardiometabolic factors in type 2 diabetic patients: A systematic review and meta-analysis. Feyz Med Sci J. [In Persian] 2024; 28(1):96-109. DOI: [10.48307/FMSJ.2024.28.1.98](#)
 35. Zafarmand O, Mogharnasi M, Moghadasi M. The effect of exercise training on serum levels of adipokines related to energy homeostasis (adropin, asprosin) and insulin resistance in patients with type 2 diabetes or obesity: A Systematic review and meta-Analysis. JAHSSP. 2024; 11(2):23-43. [In Persian] DOI: [10.22049/jahssp.2024.29339.1620](#)
 36. Khalafi M, Malandish A, Rosenkranz SK, Ravasi AA. Effect of resistance training with and without caloric restriction on visceral fat: A systemic review and meta-analysis. Obes Rev. 2021; 22(9):e13275. DOI: [10.1111/obr.13275](#) PMID: [33998135](#)
 37. Kazeminasab F, Sharafifard F, Miraghajani M, Behzadnejad N, Rosenkranz SK. The effects of exercise training on insulin resistance in children and adolescents with overweight or obesity: A systematic review and meta-analysis. Front Endocrinol (Lausanne). 2023; 14:1178376. DOI: [10.3389/fendo.2023.1178376](#) PMID: [37635963](#)
 38. Kazeminasab F, Baharlooie M, Khalafi M. The impact of exercise on serum levels of leptin and adiponectin in obese children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. IJEM. 2022; 23(6):409-25. [In Persian] [Link](#)
 39. Khalafi M, Sakhaei MH, Kazeminasab F, Symonds ME, Rosenkranz SK. The impact of high-intensity interval training on vascular function in adults: A systematic review and meta-analysis. Front Cardiovasc Med. 2022; 9:1046560. DOI: [10.3389/fcvm.2022.1046560](#) PMID: [36465439](#)
 40. Wen H, Wang L. Reducing effect of aerobic exercise on blood pressure of essential hypertensive patients: A meta-analysis. Medicine (Baltimore). 2017; 96(11):e6150. DOI: [10.1097/MD.00000000000006150](#) PMID: [28296729](#)
 41. Egger M, Davey Smith G, Schneider M, Minder C. Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. BMJ. 1997; 315(7109):629-34. DOI: [10.1136/bmj.315.7109.629](#) PMID: [9310563](#)
 42. Rajabi A, Siahkhouhian M, Akbarnejad A. The effect of eight weeks of aerobic training and supplementation of saffron with two weeks of detraining on some of the indicators associated with diabetes in obese women with type 2 diabetes. JSB. 2021; 13(2):125-48. [In Persian] DOI: [10.22059/jsb.2018.231923.1172](#)
 43. Salimi Avansar M. The effects of eight weeks anaerobic interval training on serum levels of resistin and vaspin and insulin resistance in obese men with type-2 diabetes. Med J Tabriz Univ Med Sci. 2019; 41(1):36-46. [In Persian] DOI: [10.34172/mj.2019.005](#)
 44. Abd El-Kader SM, Al-Jiffri OH. Impact of weight reduction on insulin resistance, adhesive molecules and adipokines dysregulation among obese type 2 diabetic patients. Afr Health Sci. 2018; 18(4):873-83. DOI: [10.4314/ahs.v18i4.5](#) PMID: [30766550](#)
 45. Abdi A. The effect of Punica granatum L. along with aerobic training on resistin, serum adiponectin and insulin resistance in women with type 2 diabetes. Feyz Med Sci J. 2018; 22(1):39-47. [In Persian] [Link](#)
 46. Kazemi N, Kordi MR, Noori R, Kasraeian M. Effect of aerobic and resistance training on resistin & insulin levels in women with gestational diabetes. Sport Physiology. 2017; 9(33):101-14. [In Persian] DOI: [10.22089/spj.2017.1929.1246](#)
 47. Tofighei A, Samadian Z, Tolouei Azar J. Evaluation of the proinflammatory role of Resistin and C-reactive Protein (CRP) in patients with type 2 diabetes: Effect of aerobic and resistance exercise. JSB. 2015; 7(3):445-60. [In Persian] DOI: [10.22059/jsb.2015.56259](#)



48. Tofighi A, Samadian Z. Comparison of 12 weeks aerobic with resistance exercise training on serum levels of resistin and glycemic indices in obese postmenopausal women with type 2 diabetes (Comparison of two exercise protocols). *JSMJ*. 2014; 12(6): 665-76. [In Persian] [Link](#)
49. Shavandi N, Saremi A, Ghorbani A, Parastesh M. Effects of aerobic training on resistin, adiponectin and insulin resistance index in type 2 diabetic men. *Research in Sports Science*. 2011; 10:89-102. [Link](#)
50. Jorge ML, de Oliveira VN, Resende NM, Paraiso LF, Calixto A, Diniz AL, et al. The effects of aerobic, resistance, and combined exercise on metabolic control, inflammatory markers, adipocytokines, and muscle insulin signaling in patients with type 2 diabetes mellitus. *Metabolism*. 2011; 60(9):1244-52. DOI: [10.1016/j.metabol.2011.01.006](#) PMID: [21377179](#)
51. Kadoglou NP, Iliadis F, Angelopoulou N, Perrea D, Liapis CD, Alevizos M. Beneficial effects of rosiglitazone on novel cardiovascular risk factors in patients with Type 2 diabetes mellitus. *Diabet Med*. 2008; 25(3):333-40. DOI: [10.1111/j.1464-5491.2007.02375.x](#) PMID: [18307460](#)
52. Tofighei A, Samadian Z, Tolouei Azar J. Evaluation of the proinflammatory role of Resistin and C-reactive Protein (CRP) in patients with type 2 diabetes: Effect of aerobic and resistance exercise. *JSB*. 2015; 7(3):445-60. [In Persian] DOI: [10.22059/jsb.2015.56259](#)
53. Jafari Ghaleh No SA, Fathi M, Hejazi K, Ziayi M. The effects of eight weeks of aerobic interval exercise on omentin-1, resistin, and adiponectin in elderly men with type 2 diabetes. *Pathobiology Research*. *MJMS*. 2017; 20(3):17-32. [In Persian] [Link](#)
54. Bokarewa M, Nagaev I, Dahlberg L, Smith U, Tarkowski A. Resistin, an adipokine with potent proinflammatory properties. *J Immunol*. 2005; 174(9):5789-95. DOI: [10.4049/jimmunol.174.9.5789](#) PMID: [15843582](#)
55. Kaser S, Kaser A, Sandhofer A, Ebenbichler CF, Tilg H, Patsch JR. Resistin messenger-RNA expression is increased by proinflammatory cytokines in vitro. *Biochem Biophys Res Commun*. 2003; 309(2):286-90. DOI: [10.1016/j.bbrc.2003.07.003](#) PMID: [12951047](#)
56. Nozue H, Kamoda T, Matsui A. Serum resistin concentrations in growth hormone-deficient children during growth hormone replacement therapy. *Metabolism*. 2007; 56(11):1514-7. DOI: [10.1016/j.metabol.2007.06.018](#) PMID: [17950102](#)
57. Osawa H, Tabara Y, Kawamoto R, Ohashi J, Ochi M, Onuma H, et al. Plasma resistin, associated with single nucleotide polymorphism -420, is correlated with insulin resistance, lower HDL cholesterol, and high-sensitivity C-reactive protein in the Japanese general population. *Diabetes Care*. 2007; 30(6):1501-6. DOI: [10.2337/dc06-1936](#) PMID: [17384338](#)
58. Azuma K, Katsukawa F, Oguchi S, Murata M, Yamazaki H, Shimada A, et al. Correlation between serum resistin level and adiposity in obese individuals. *Obes Res*. 2003; 11(8):997-1001. DOI: [10.1038/oby.2003.137](#) PMID: [12917505](#)
59. Snowling NJ, Hopkins WG. Effects of different modes of exercise training on glucose control and risk factors for complications in type 2 diabetic patients: A meta-analysis. *Diabetes Care*. 2006; 29(11):2518-27. DOI: [10.2337/dc06-1317](#) PMID: [17065697](#)
60. Alizadeh Z, Kordi R, Attar MJ, Mansournia MA. The effects of continuous and intermittent aerobic exercise on lipid profile and fasting blood sugar in women with a body mass index more than 25 kg/m²: A randomized controlled trial. *Tehran Univ Med J*. 2011; 69(4):253-9. [In Persian] [Link](#)
61. Henriksen EJ. Invited review: Effects of acute exercise and exercise training on insulin resistance. *J Appl Physiol* (1985). 2002; 93(2):788-96. DOI: [10.1152/japplphysiol.01219.2001](#) PMID: [12133893](#)

