

Meta-Analysis of Studies on the Effect of High-Intensity Interval Training (HIIT) on Metabolic Indices, Body Composition, and Aerobic Capacity in Patients with Type 2 Diabetes or Obesity

Omid Zafarmand¹, Morad Hosseini², Parvane Khajepoor^{2*}

1. Department of Physical Education and Sports Science, Faculty of Humanities, University of Yasouj, Yasouj, Iran

2. Department of Physical Education, Farhangian University, Tehran, Iran

Abstract

Background: The aim of the present study was to investigate the effect of high-intensity interval training on lipid profile, fasting blood glucose, body composition, and Vo2max in patients with type 2 diabetes or obesity.

Methods: The type of research conducted is a systematic meta-analysis review. A systematic search of published articles was conducted from PubMed, Web of Science, Scopus, Sid, and Magiran databases up to January 2024. The mean difference and 95% confidence interval (CI) were calculated using a random-effects model. Heterogeneity was assessed using the (I²) test and publication bias was assessed using visual analysis of funnel plots and Egger's test.

Results: The results showed that high-intensity interval training significantly reduced body fat percentage [standard mean difference (SMD)=-0.796, P=0/001], BMI (SMD=-0.378, P=0/001), WHR (SMD=-0.424, P=0/001), LDL (SMD=-0.694, P=0/001), TC (SMD=-0.495, P=0/001), TG (SMD=-0.317, P=0/001) and fasting blood glucose (SMD=-0.557, P=0/001) in patients group compared to the control group had a significantly higher VO2max. However, high-intensity interval training significantly increased Vo2max (WMD=-0.997, P=0/001), and HDL (WMD=-0.558, P=0/001) in patients group compared to the control group.

Conclusion: Based on the results obtained, high-intensity interval training can have a positive effect on metabolic indices, body composition, and aerobic capacity in patients with type 2 diabetes or obesity and improve the condition of these individuals. Therefore, it is suggested that in medical centers for diabetic and obese patients, under the supervision of sports and medical specialists, the beneficial effects of high-intensity interval training should be utilized and used as an auxiliary strategy for the treatment and improvement of these individuals.

Keywords: High intensity interval training, Lipid profile, Fasting blood glucose, Body composition, Type 2 diabetes

Received: April 17, 2025; Accepted: February 21, 2026

Please cite this article as:

Zafarmand O, Hosseini M, Khajepoor P. Meta-Analysis of Studies on the Effect of High-Intensity Interval Training (HIIT) on Metabolic Indices, Body Composition, and Aerobic Capacity in Patients with Type 2 Diabetes or Obesity. *ijdl*. 2026; 26(2):123-143.

DOI: [10.18502/ijdl.v26i2.21916](https://doi.org/10.18502/ijdl.v26i2.21916)

*Corresponding Author: Parvane Khajepoor; Email: pa.khajepoor@cfu.ac.ir, Add: Farhangian University, Tarbiat Moallem Street, Shahid Farahzadi Boulevard, West Town, Tehran, Iran. Tel: +989167120725

فراتحلیل مطالعات اثر تمرینات تناوبی شدید (HIIT) بر شاخص‌های متابولیکی، ترکیب بدنی و توان هوازی در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو یا چاق

امید ظفرمند^۱، مراد حسینی^۲، پروانه خواجه پور^{۲*}

۱- گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

۲- گروه آموزش تربیت بدنی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران

چکیده

مقدمه: هدف مطالعه حاضر، اثر تمرینات تناوبی شدید بر پروفایل لیپیدی، گلوکز خون ناشتا، ترکیب بدن و Vo_{2max} در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو یا چاق بود.

روش‌ها: نوع پژوهش حاضر به صورت مروری نظام‌مند فراتحلیل است. جستجوی سیستماتیک مقالات انگلیسی و فارسی منتشر شده از پایگاه‌های اطلاعاتی PubMed، Scopus، Web of Science، Sid و Magiran تا ژانویه سال ۲۰۲۴ انجام شد. تفاوت میانگین و فاصله اطمینان ۹۵٪ (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.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تمرینات تناوبی شدید سبب کاهش معنادار درصد چربی بدن [$standard\ mean\ difference = -0.796, P = 0.001$]، BMI (SMD= $-0.378, P = 0.001$)، WHR (SMD= $-0.424, P = 0.002$)، LDL (SMD= $-0.694, P = 0.001$)، TC (SMD= $-0.001, P = 0.001$)، TG (SMD= $-0.495, P = 0.001$) و گلوکز خون ناشتا (SMD= $-0.557, P = 0.001$) نسبت به گروه کنترل در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو یا چاق شد. اما تمرینات تناوبی شدید سبب افزایش معنادار Vo_{2max} [weight mean difference = $0.997, P = 0.001$]، HDL (WMD= $0.558, P = 0.001$) و WMD) بیماران نسبت به گروه کنترل شد.

نتیجه‌گیری: براساس نتایج به‌دست آمده، تمرینات تناوبی شدید قادر است بر شاخص‌های متابولیکی، ترکیب بدنی و توان هوازی در افراد بیمار مبتلا به دیابت نوع دو یا چاق تأثیر مثبت داشته و وضعیت افراد مذکور را بهبود دهد. بنابراین، پیشنهاد می‌شود، در مراکز درمانی مربوط به بیماران دیابتی و چاق زیر نظر متخصصان ورزشی و پزشکی از اثرات سودمند تمرینات تناوبی شدید بهره جست و به‌عنوان یک راهکار کمکی جهت درمان و بهبود وضعیت این افراد شد.

واژگان کلیدی: تمرین تناوبی شدید، پروفایل لیپیدی، گلوکز خون ناشتا، ترکیب بدن، دیابت نوع دو

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۰۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۸

به این مقاله، به صورت زیر استناد کنید:

Zafarmand O, Hosseini M, Khajepoor P. Meta-Analysis of Studies on the Effect of High-Intensity Interval Training (HIIT) on Metabolic Indices, Body Composition, and Aerobic Capacity in Patients with Type 2 Diabetes or Obesity. *ijldl*. 2026; 26(2):123-143.

* نویسنده مسئول: پروانه خواجه پور، آدرس: تهران، شهرک غرب، بلوار شهید فرحزادی، خیابان تربیت معلم، دانشگاه فرهنگیان، تلفن:

۰۹۱۶۷۱۲۰۷۲۵، پست الکترونیک: pa.khajepoor@cfu.ac.ir

مقدمه

دیابت نوع دو^۱ (T2DM)، یک بیماری مزمن متابولیک است که با افزایش مقاومت به انسولین، کاهش تولید انسولین و در نهایت سرکوب سلول‌های بتای پانکراس مشخص می‌شود که این امر منجر به کاهش انتقال گلوکز به کبد، سلول‌های عضلانی و سلول‌های چربی می‌شود. این بیماری در ارتباط با چاق است و در هر دو بیماری التهاب سیستمیک خفیف دیده می‌شود [۱، ۲]. این بیماری بر اثر تولید ناکافی انسولین توسط سلول‌های بتا پانکراس و یا بر اثر عدم پاسخ مناسب به انسولین توسط سلول‌های بدن به وجود می‌آید [۳، ۴]. امروزه دیابت در سطح جهان به‌طور گسترده‌ای در حال افزایش است، به‌طوری که افزایش ۳۸۲ میلیون بزرگسال در سراسر جهان T2DM دارند و پیش‌بینی می‌شود که این رقم تا سال ۲۰۳۵ به ۵۹۲ میلیون نفر برسد [۵]. مطالعات اپیدمیولوژیک حاکی از آن است که در ایران بیش از ۳ میلیون نفر دچار دیابت هستند، میزان شیوع دیابت آشکار در جمعیت بزرگسال ایران ۷ درصد و دیابت پنهان ۱۳ درصد گزارش شده است [۶، ۷]. بنابراین در چند دهه اخیر افزایش شیوع T2DM در کشورهای در حال توسعه، تلاش‌هایی را برای کاهش عوارض قلبی-عروقی و T2DM می‌طلبد [۸]. افراد مبتلا به T2DM در مقایسه با افراد بدون دیابت در معرض خطر بیشتری برای مرگ‌ومیر ناشی از بیماری‌های قلبی-عروقی هستند [۹]. دیابت به‌خصوص T2DM اغلب با اختلالات متابولیسم لیپید همراه است. به عبارت دیگر افزایش سطوح اسیدهای چرب نقش اساسی در افزایش مقاومت به انسولین ایجاد می‌نماید [۱۰]. اختلال در چربی یکی از اختلالات متداول در این بیماری است که سبب پیدایش و تشدید عوارض کوتاه‌مدت و بلندمدت دیابت می‌شود. همچنین تعداد بالایی از بیماران دیابتی از اختلال چربی رنج می‌برند که این فرآیند می‌تواند به بیماری‌های قلبی-عروقی منجر شود [۱۱]. به‌طوری که بالا رفتن سطح اسیدهای چرب پلاسما نقش عمده‌ای در افزایش مقاومت به انسولین دارد. اسیدهای چرب پلاسما با افزایش سنتز^۲ (VLDL)، پروتئین انتقال دهنده کلسترول تام^۳ (TC)، افزایش تری‌گلیسیرید^۴ (TG)، افزایش لیپوپروتئین با چگالی پایین^۵ (LDL) و کاهش لیپوپروتئین با چگالی بالا^۶ (HDL) باعث ایجاد دیس‌لیپیدی در دیابت می‌گردد که این عملکرد آتروژنیک لیپوپروتئین‌ها باعث ایجاد آترواسکلروز و افزایش بیماری‌های قلبی-عروقی می‌شود [۱۲، ۱۳]. همچنین

دیابت T2DM به‌صورت سه ناهنجاری پاتولوژیک، اختلال در ترشح انسولین، مقاومت محیطی به انسولین و تولید بیش از حد گلوکز کبدی مشخص می‌شود [۱۴]. به عبارتی مقاومت به انسولین و T2DM ارتباط نزدیکی با نمایه توده بدن دارد [۱۵]. استعداد ژنتیکی، عوامل محیطی، چاق شکمی، استفاده از رژیم غذایی نامناسب و همچنین نداشتن فعالیت بدنی و کم تحرکی از جمله عوامل خطرزای T2DM هستند. مداخله و تغییر در شیوه زندگی، توجه به شاخص‌های تن‌سنجی (نمایه توده بدن، درصد چربی و چربی بدن) و فشار خون به افراد دیابتی نوع دو توصیه می‌شود [۱۶].

اختلال در تحمل گلوکز^۷ (GI) به‌عنوان سطوح گلوکز خون ۱۴۰ تا ۱۹۹ میلی گرم در دسی‌لیتر در طول آزمایش تحمل گلوکز خوراکی ۷۵ گرم و اختلال گلوکز ناشتا به‌عنوان سطوح گلوکز خون ۱۱۰ تا ۱۲۵ میلی گرم در دسی‌لیتر تعریف می‌شود [۱۷، ۱۸]. افراد مبتلا به دیابت، اختلال در نیم‌رخ چربی خون رخ می‌دهد که اغلب به‌عنوان «دیس لیپیدی دیابتی» نامیده می‌شود و معمولاً با TC بالا، TG بالا، کاهش HDL و افزایش LDL مشخص می‌شود [۱۸]. با توجه به عوارض متعدد دیابت نوع دو از جمله اختلال در سیستم قلبی-عروقی، شبکه چشم، سیستم عصبی و غیره این بیماری درمان‌های مناسبی را می‌طلبد [۱۹]. درمان‌های در دسترس برای دیابت نوع دو، شامل تغییر سبک زندگی با ورزش، اصلاح تغذیه، داروهای خوراکی و انسولین است [۲۰]. نتایج یک مطالعه، پیشرفت ۵۸ درصدی را در پیشگیری از دیابت پس از برنامه‌های مداخله‌ای نشان می‌دهد [۲۱]. شواهد قانع‌کننده‌ای وجود دارد که نشان می‌دهد احتمال ابتلا به دیابت در افرادی که به اندازه کافی فعالیت بدنی انجام نمی‌دهند، بیشتر است [۲۲].

با این حال توصیه می‌شود علاوه بر درمان‌های دارویی، بیماران دیابتی برای کنترل دیابت از تغییرات شیوه زندگی استفاده کنند. لذا توجه به فعالیت بدنی حائز اهمیت است [۲۳]. معمولاً فعالیت بدنی، در بیماران T2DM به‌دلیل اثرگذاری مثبتی بر بهبود ترکیب بدن، آمادگی قلبی-عروقی، عملکرد فیزیکی، کنترل فشار خون، کنترل گلوکز خون، افزایش حساسیت به انسولین و بهبود پروفایل چربی که به‌عنوان یکی از مؤثرترین راه‌های درمان و پیشگیری مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲۲]. روش‌های تمرین ساختار یافته به‌عنوان یک جزء حیاتی برای مدیریت T2DM ترویج شده است. یکی از این روش‌های تمرینی، تمرین تناوبی با شدت بالا^۸ (HIIT) است

^۵Low Density Lipoprotein^۶High Density Lipoprotein^۷Glucose Intolerance^۸High Intensity Interval Training^۱Type 2 Diabetes Mellitus^۲Very Low Density Lipoprotein^۳Total Cholesterol^۴Triglyceride

زمینه ارتقاء سلامتی در افراد T2DM و چاق است. چرا که انجام تمرین HIIT می‌تواند در ایجاد شرایط مطلوب و سودمند در وضعیت سندرم متابولیکی و پاسخ‌های ضد التهابی و آنتی اکسیدانی افراد مبتلا به T2DM و چاق مؤثر باشد. اگرچه تأثیر مثبت تمرینات HIIT بر چاق و شاخص‌های متابولیکی نشان داده شده است، هنوز اطلاعات زیادی در خصوص تأثیر تمرینات HIIT در دسترس نیست. این در حالی است که بسیاری از مردم به دلیل کمبود وقت نمی‌توانند به تمرینات هوازی بپردازند و تمرینات HIIT که مدت زمان کمتری صرف آن می‌شود می‌تواند کمک کننده باشد. لذا در پژوهش حاضر، محققین به دنبال بررسی اثر تمرینات HIIT بر پروفایل لیپیدی، گلوکز خون ناشتا، ترکیب بدن و VO_{2max} در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو یا چاق هستند.

روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع مطالعات مرور نظام‌مند و فراتحلیل است که بر اساس دستورالعمل کاکرین و پریزما⁴ (PRISMA) انجام شده است [۳۶، ۳۷]. برای استخراج مقالات، جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی پابمد (PubMed)، اسکوپوس (Scopus)، ساینس دایرکت (Science Direct) و وب آو ساینس (Web of Science) تا ژانویه ۲۰۲۴ (بدون محدود کردن سال انتشار) برای مقالات انگلیسی با استفاده از کلمات کلیدی زیر انجام گرفت. "HIIT"، "Interval training"، "Aerobic interval training"، "Aerobic interval", "Intermittent training", "High intensity intermittent", "Intensity interval exercise", "High intensity", "SIT", "Sprint interval exercise", "Intensity interval training", "Body Composition", "Half fat", "Lipid Profile", "Glucose", "Type 2 diabetes", "Overweight", "fat". همچنین جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID) و مگیران (Magiran) برای مقالات فارسی تا اسفندماه ۱۴۰۲ با استفاده از کلمات کلیدی «تمرین تناوبی (تمرین اینتروال)»، «پروفایل لیپیدی»، «نیمرخ چربی»، «ترکیب بدن»، «گلوکز»، «دیابت نوع دو»، «اضافه وزن»، «چاق» انجام شد. در ادامه، فهرست منابع مقالات استخراج شده و همچنین مقالات استناد کننده به آنها به روش دستی در گوگل اسکولار (Google Scholar) مورد بررسی قرار گرفت. جستجو پایگاه‌های اطلاعاتی به صورت مستقل توسط هر دو محقق انجام شد. برای انجام پژوهش فراتحلیل، مقالات با مشخصات زیر وارد مطالعه شدند: ۱- مطالعات کارآزمایی

[۲۳]. تمرینات HIIT شامل تناوب فعالیت ورزشی با شدت بسیار زیاد و وهله‌های استراحتی فعال با شدت پایین است. این تمرین به صورت سه یا چهار جلسه در هفته انجام می‌شود. طی تحقیقات اخیر تمرینات HIIT اهمیت بیشتری در کاهش وزن و تغییر در ترکیب بدنی داشته‌اند. همچنین به عنوان یک تفکر تازه و اقتصادی برای کاهش وزن در افراد دارای اضافه وزن و چاق مورد توجه قرار گرفته است [۲۴]. تمرینات HIIT در برگرنده وهله‌های فعالیت ورزشی تکراری با شدت بالا برای بیست ثانیه تا چند دقیقه و فواصل استراحتی یک تا پنج دقیقه است [۲۵]. از فواید تمرینات HIIT می‌توان به بهبود فاکتورهایی چون آمادگی هوازی و بی‌هوازی، فشارخون، عوامل قلبی-عروقی، پروفایل لیپیدی، کاهش وزن در اثر تجزیه چربی‌های شکمی، حفظ توده عضلانی و افزایش حساسیت انسولینی به دلیل آمادگی بیشتر عضلات برای مصرف گلوکز و مقرون به صرفه بودن از نظر مدت زمان تمرین، جذابیت و سازگاری متابولیکی بیشتر اشاره کرد [۲۶]. بنابراین، مطالعات پژوهشی صورت گرفته نشان می‌دهند که تمرینات HIIT اثرات مفیدی بر بیماران T2DM دارد [۲۷، ۲۸]. بر همین اساس، نتایج مطالعات پژوهشی نشان می‌دهند که تمرینات HIIT سبب افزایش معنادار HDL و کاهش معنادار TC، TG، LDL [۲۹، ۳۰] و همچنین موجب کاهش گلوکز ناشتا [۲۷، ۳۱] شد. همچنین پژوهش‌ها نشان داده‌اند، تمرینات HIIT از طریق کاهش عوامل مرتبط با چاقی، مانند کاهش توده چربی بدن، درصد چربی بدن، نسبت دور کمر به لگن^۱ (WHR) و نمایه توده بدنی^۲ (BMI) توانسته تأثیر مثبتی بر پروفایل لیپیدی داشته باشد [۳۲، ۳۳]. پژوهشگران در یک مطالعه فراتحلیل ۳۶ مطالعه با ۱۰۹۶ آزمودنی بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق را مورد بررسی قرار دادند و گزارش دادند که تمرینات HIIT سبب بهبود ترکیب بدن می‌شود [۳۴]. Wewege et al. در سال ۲۰۱۷ یک مطالعه فراتحلیل با ۱۳ مطالعه با ۴۲۴ آزمودنی با میانگین سنی ۱۸ تا ۴۵ سال در افراد دارای اضافه وزن و چاق را مورد بررسی قرار دادند و گزارش دادند که تمرینات HIIT هیچ‌گونه تغییر معناداری بر روی ترکیب بدن مشاهده نکردند [۳۰]. با توجه به این که تمرین ورزشی یکی از مداخلات اصلی و مهم در مدیریت چاق، بیماری‌های قلبی-عروقی و دیابت است، انتخاب بهترین پروتکل ورزشی برای درمان دیابت و عوارض آن بسیار حائز اهمیت است. بنابراین آنچه که از مطالب بیان شده براساس پیشینه پژوهش حاضر استنباط می‌گردد، اهمیت و ضرورت به کارگیری تمرینات HIIT در

⁴ Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses

¹Waist Hip Ratio

²Body Mass Index

³Maximal Oxygen Uptake

بالینی تصادفی شده^۱ (RCT)، منتشر شده به زبان فارسی یا انگلیسی

۲- مطالعات انجام شده بر روی بیماران T2DM یا چاق ۳- مطالعات بررسی کننده اثر تمرین HIIT در برابر گروه کنترل ۴- مطالعات اندازه گیری کننده بر روی پروفایل لیپیدی از جمله (TG, TC, LDL و HDL)، گلوکز ناشتا، همچنین شاخص های ترکیب بدن از جمله (درصد چربی بدن، BMI و WHR) و Vo2max. ۵- دارا بودن داده های میانگین و انحراف استاندارد برای پس آزمون و پیش آزمون متغیرهای مذکور برای آزمودنی های هر دو نوع گروه (تمرین تناوبی و کنترل). معیارهای خروج شامل مطالعات حیوانی، چکیده مقالات ارائه شده در همایش ها، پایان نامه ها، مطالعات مقطعی (Crossover)، مطالعات مروری (Review)، مطالعات فراتحلیل (Meta-analysis) بود، از پژوهش فراتحلیل حاضر خارج شدند. اطلاعات مربوط به نوع مطالعه، نویسنده اول، سال انتشار، تصادفی یا غیر تصادفی بودن، تعداد نمونه، کیفیت مطالعه، ویژگی های آزمودنی ها شامل سن، جنسیت و پروتکل تمرین (نوع مداخله، طول مداخله، تعداد جلسات در هفته و شدت تمرین) استخراج شد (۴۰-۳۸). در صورت نبود وجود داده های کافی برای انجام فراتحلیل، از طریق ایمیل با نویسنده مسئول مکاتبه صورت گرفت و داده های مورد نیاز مطالعه فراتحلیل حاضر دریافت شد. همچنین در صورت عدم پاسخگویی یا عدم دریافت از سوی نویسنده مسئول مقاله، استخراج داده ها از نمودار مقالات با استفاده از Getdata یا تخمین انحراف استاندارد^۲ (SD) از خطای استاندارد میانگین^۳ (SEM) صورت گرفت [۴۳-۴۱]. ارزیابی کیفیت مطالعات با استفاده از چک لیست ۹ سوالی Pedro انجام شد. معیارهای ارزیابی شامل موارد زیر است: ۱- مشخص بودن ضوابط واجد شرایط بودن آزمودنی ها، ۲- اختصاص شرکت کنندگان به طور تصادفی به گروه های مختلف، ۳- آشنایی نداشتن شرکت کنندگان نسبت به گروه بندی هایشان، ۴- یکسان بودن آزمودنی ها از نظر وزن بدن در گروه های مختلف مطالعه، ۵- وجود ارزیابی یکسو کور برای متغیر اصلی پژوهش (Blinding of all assessors)، ۶- خروج کمتر از ۱۵ درصد شرکت کنندگان از پژوهش، ۷- انجام تجزیه و تحلیل به صورت^۴ ITT، ۸- وجود گزارش تفاوت های آماری بین گروه ها برای متغیر اصلی پژوهش، ۹- وجود گزارش میانگین، انحراف معیار و میزان معناداری (P value). به تمام سوالات چک لیست Pedro، با دو گزینه ی بله ✓ و یا خیر ✕ پاسخ داده شد. امتیاز حداقل صفر و حداکثر ۹ بود، که در آن ارزش عددی بالاتر، نمایانگر کیفیت بالاتر مطالعه بود [۴۵، ۴۴، ۴۲] (جدول ۲).

مطالعه فراتحلیل حاضر برای بررسی اثر تمرینات HIIT بر پروفایل لیپیدی، گلوکز خون ناشتا، ترکیب بدن و Vo2max در بیماران مبتلا به T2DM یا چاق انجام گرفت. در این مطالعه، برای انجام تجزیه و تحلیل آماری از میانگین، انحراف استاندارد و حجم نمونه استفاده شد. برای انجام تحلیل ها، داده های مربوط به میانگین، انحراف معیار و حجم نمونه از مطالعات وارد نرم افزار Stata نسخه ۱۶۰ (StataCorp, College Station, TX, USA) گردید. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از مدل اثر تصادفی انجام شد و تفاوت میانگین و فاصله اطمینان ۹۵٪ در نظر گرفته شد. برای تعیین عدم تجانس ناهمگونی (Heterogeneity) مطالعات از آزمون (I²) استفاده شد که طبق دستورالعمل کوکران مقدار ناهمگونی به ترتیب: ناهمگونی کم (کمتر از ۲۵ درصد)، ناهمگونی خفیف (۲۵ تا ۵۰ درصد)، ناهمگونی متوسط (۵۰ تا ۷۵ درصد) و ناهمگونی بالا (بیشتر از ۷۵ درصد) تفسیر شد [۴۶]. لازم به ذکر است برای تحلیل داده ها از مدل اثر تصادفی استفاده شد. در صورت عدم ناهمگونی در ادامه تحلیل حساسیت (Sensitivity Analysis) از طریق روش یک به یک مطالعات (Leave one-out method) با لحاظ کردن (I²) کمتر از ۲۵ به عنوان ملاک لحاظ شد. سوگیری انتشار نیز با استفاده از تفسیر بصری فونل پلانت بررسی گردید که در صورت مشاهده سوگیری تست (Egger) به عنوان یک تست تعیین کننده ثانویه استفاده شد که در آن سطح معنی داری برابر با ۰/۱ به عنوان سوگیری انتشار معنی دار در نظر گرفته شد [۴۷].

یافته ها

براساس جستجو در پایگاه های اطلاعات علمی تا ژانویه ۲۰۲۴، ۱۶۳ مقاله یافت شد. پس از حذف مقالات تکراری ۸۹ مقاله، و پس از بررسی عناوین و چکیده مقالات، در نهایت ۴۸ مقاله برای ارزیابی متن کامل انتخاب شدند که پس از بررسی متن کامل مقالات، ۱۹ مقاله از مطالعه حاضر خارج شدند. ۵ مطالعه به دلیل عدم داده پس آزمون، ۴ مطالعه به دلیل عدم وجود متغیرهای پژوهش، ۶ مطالعه به دلیل عدم متن کامل مقاله، ۴ مطالعه به دلیل عدم وجود گروه کنترل نداشتند. در نهایت، ۲۹ مطالعه وارد فراتحلیل حاضر شدند. بنابراین ۲۴ مطالعه برای متغیر HDL، ۲۵ مطالعه برای متغیر LDL، ۲۱ مطالعه برای متغیر TC، ۲۳ مطالعه برای متغیر TG، ۱۵ مطالعه برای متغیر گلوکز، ۲۱ مطالعه برای متغیر درصد چربی بدن، ۲۷ مطالعه برای متغیر BMI، ۱۱ مطالعه برای متغیر WHR و ۱۰ مطالعه برای

³Standard Error of the Mean

⁴ Intention to Treat

¹Randomized Control Trial

²Standard Deviation

متغیر Vo_{2max} وجود داشت.

تمرینات تناوبی بود. شدت تمرین برای تمرینات HIIT حداقل ۴۰ تا ۵۰ درصد [۵۱] و حداکثر ۱۰۰ تا ۱۱۰ درصد [۵۲] حداکثر اکسیژن مصرفی بود.

کیفیت مطالعات

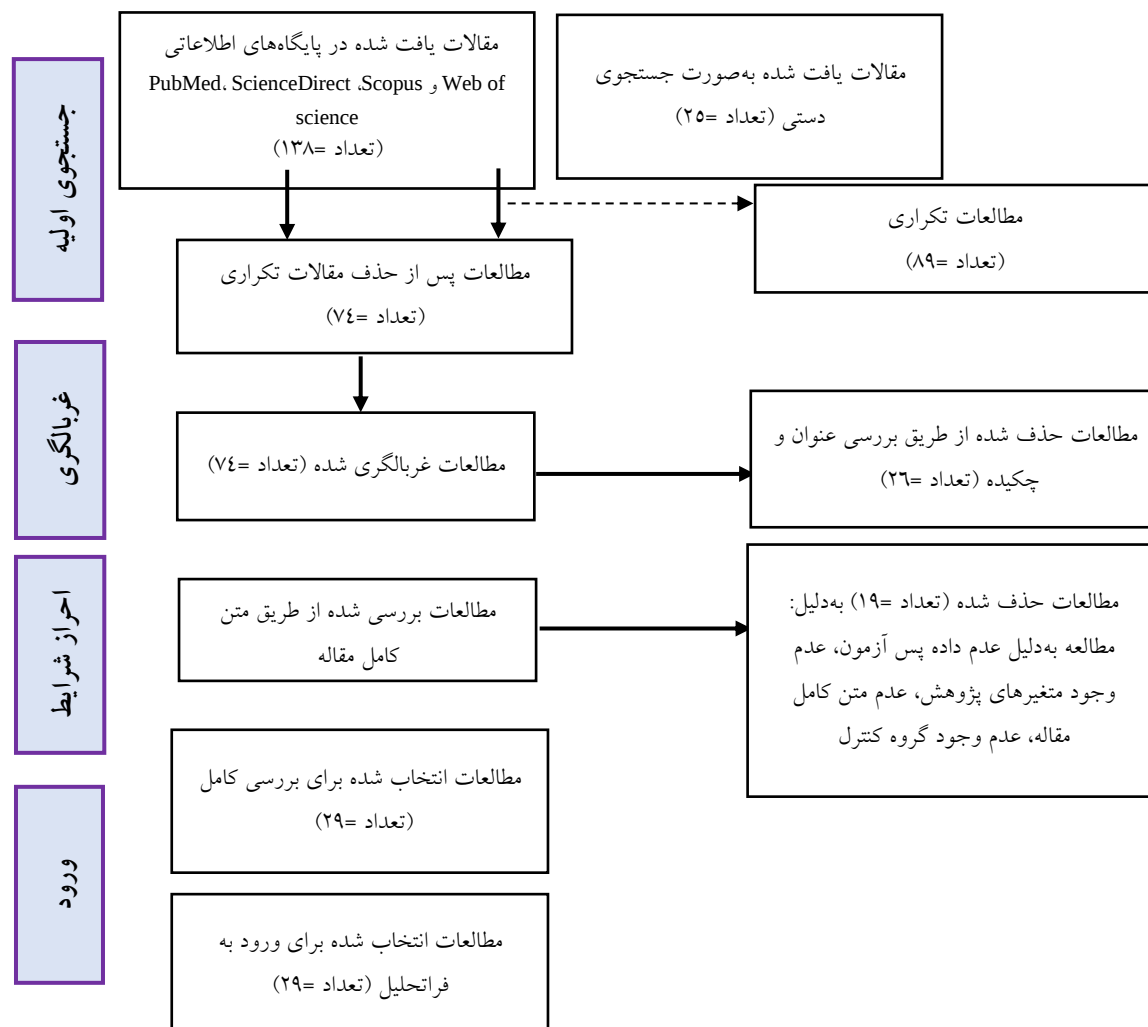
نتایج بررسی کیفیت مقالات با استفاده از Pedro نشان داد که حداقل امتیاز کیفیت مقالات ۶ و حداکثر امتیاز ۹ بود. بدین (نمودار ۱). بدین یعنی که ضعیف‌ترین مقاله بررسی شده نمره ۶ گرفته (پس کیفیت خوب بود) و قوی‌ترین مقاله نمره ۹ داشته (پس کیفیت عالی بود). بنابراین، هیچ مقاله‌ای در سطح ضعیف یا متوسط قرار نداشته و تقریباً تمام مقالات مرور دارای کیفیت روش‌شناسی قابل قبول تا عالی بوده‌اند.

ویژگی آزمودنی‌ها

۶۹۲ آزمودنی وارد مطالعه فراتحلیل حاضر شدند که همه شرکت‌کنندگان، بیماران مبتلا به T2DM یا چاق بودند. ۳۳۳ آزمودنی در گروه تمرینات HIIT با میانگین سنی $30/04 \pm 5/96$ در گروه کنترل که ۳۵۹ آزمودنی با میانگین سنی $31/69 \pm 4/80$ بودند. همه شرکت‌کنندگان پیش از شروع پروتکل ورزشی غیرفعال بودند و همچنین در تمام مطالعات گروه کنترل هیچ‌گونه فعالیت بدنی انجام ندادند. تعداد آزمودنی‌های مطالعات با حداقل ۱۴ نفر [۴۸] و حداکثر ۴۰ نفر [۴۹] بود.

ویژگی پروتکل‌های تمرین

۲۹ مطالعه وارد مطالعه فراتحلیل حاضر شدند. حداقل ۲۰ تا ۴۰ دقیقه [۵۰] و حداکثر ۴۵ تا ۶۵ دقیقه [۳۰] مدت هر جلسه برای



نمودار ۱- فلوچارت انتخاب مطالعات

جدول ۱- ویژگی آزمودنی‌ها

مطالعه- سال	نوع مطالعه- کشور	نمونه (جنسیت)	ویژگی‌های آزمودنی‌ها	متغیرها	سن (سال)	BMI (kg/m ²)	طول مداخله به هفته (تعداد جلسات در هفته)	مدت تمرین (دقیقه)	شدت تمرین
Naghizadeh et al ۲۰۳۳ [۲۲]	RCT- ایران	۳۰ مرد	دیابت نوع دو با چربی خون بالا	درصد چربی بدن BMI HDL LDL TG TC گلوکز	تمرین HIIT (۱۵ نفر): ۳۹/۲۸ ± ۳/۵۸ کنترل (۱۵ نفر): ۳۸/۲۰ ± ۳/۸۶	تمرین HIIT: ۳۱/۰۲ ± ۱/۶۳ کنترل: ۳۱/۸۰ ± ۱/۴۳	۱۲ (۳)	تمرین HIIT: ۳۰ دقیقه HRmax ۸۵٪	تمرین HIIT: ۸۰ تا
Dolataabadi et al ۲۰۳۳ [۴۶]	RCT- ایران	۳۰ زن	اضافه وزن و چاقی	درصد چربی بدن BMI Vo2max HDL LDL TG TC	تمرین HIIT (۱۵ نفر): ۳۰ تا ۴۵ سال کنترل (۱۵ نفر): ۳۰ تا ۴۵ سال	تمرین HIIT: ۳۲/۳۲ ± ۴/۸۲ کنترل: ۳۲/۷۲ ± ۳/۲۶	۸ (۳)	تمرین HIIT: ۴۳ دقیقه HRmax ۶۰٪	تمرین HIIT: ۴۰ تا
Khani et al ۲۰۳۳ [۴۷]	RCT- ایران	۲۰ زن	اضافه وزن و چاقی	درصد چربی بدن BMI Vo2max HDL LDL TG TC	تمرین HIIT (۱۰ نفر): ۳۲/۴۱ ± ۳/۴۴ کنترل (۱۰ نفر): ۳۲/۶۶ ± ۳/۰۴	تمرین HIIT: ۲۷/۸۱ ± ۱/۷۴ کنترل: ۳۰/۷۱ ± ۴/۵۲	۲ (۵)	تمرین HIIT: ۳۵ تا ۵۱ دقیقه HRmax ۹۵٪	تمرین HIIT: ۸۰ تا
Ghafari et al ۲۰۳۳ [۲۴]	RCT- ایران	۲۴ زن	اضافه وزن و چاقی	درصد چربی بدن BMI Wht HDL LDL TG TC	تمرین HIIT (۱۲ نفر): ۲۷/۲۵ ± ۸/۰۸ کنترل (۱۲ نفر): ۳۱/۲۰ ± ۸/۲۱	تمرین HIIT: ۲۷/۶۴ ± ۱/۰۰ کنترل: ۳۰/۱۱ ± ۱/۸۳	۶ (۳)	تمرین HIIT: - HRmax ۹۰٪	تمرین HIIT: ۸۰ تا
Zolfi et al ۲۰۲۲ [۴۸]	RCT- ایران	۲۴ مرد	چاقی	درصد چربی بدن BMI Vo2max HDL LDL TG TC گلوکز	تمرین HIIT (۱۲ نفر): ۴۳/۷۷ ± ۳/۵۲ کنترل (۱۲ نفر): ۴۴/۳۰ ± ۴/۲۱	تمرین HIIT: ۳۳/۰۵ ± ۱/۲۸ کنترل: ۳۲/۳۳ ± ۱/۷۰	۴ (۴)	تمرین HIIT: - HRmax ۹۰٪	تمرین HIIT: ۸۰ تا
Shabkhiz et al ۲۰۲۲ [۴۹]	RCT- ایران	۱۶ زن	اضافه وزن	درصد چربی بدن BMI HDL LDL TG TC	تمرین HIIT (۸ نفر): - کنترل (۸ نفر): -	تمرین HIIT: ۲۸/۶۴ ± ۱/۱۷ کنترل: ۲۹/۴۵ ± ۱/۶۸	۲ (۵)	تمرین HIIT: ۲۵ دقیقه HRmax ۱۰۰٪	تمرین HIIT: -
Azizi et al ۲۰۱۸ [۵۷]	RCT- ایران	۱۴ زن	سندرم متابولیک	درصد چربی بدن BMI Vo2max HDL LDL TG TC گلوکز	تمرین HIIT (۸ نفر): ۲۰ تا ۳۰ سال کنترل (۶ نفر): ۲۰ تا ۳۰ سال	تمرین HIIT: ۳۴/۵۶ ± ۲/۸۹ کنترل: ۳۴/۱۶ ± ۱/۸۱	۸ (۳)	تمرین HIIT: ۳۰ دقیقه HRmax ۹۵٪	تمرین HIIT: ۸۵ تا
Moradi et al ۲۰۲۲ [۲۵]	RCT- ایران	۱۶ مرد	اضافه وزن	HDL LDL TG TC	تمرین HIIT (۸ نفر): ۲۵ تا ۳۵ سال کنترل (۸ نفر): ۲۵ تا ۳۵ سال	تمرین HIIT: - کنترل: -	۶ (۳)	تمرین HIIT: ۴۵ تا ۶۵ دقیقه HRmax ۱۰۰٪	تمرین HIIT: ۹۰ تا
Valipoor et al ۲۰۲۰ [۵۰]	RCT- ایران	۳۰ مرد	اضافه وزن و چاقی	درصد چربی بدن BMI Vo2max Wht HDL LDL TG	تمرین HIIT (۱۵ نفر): ۱۳ تا ۱۵ سال کنترل (۱۵ نفر): ۱۳ تا ۱۵ سال	تمرین HIIT: ۳۷/۵۷ ± ۱/۱۱ کنترل: ۳۷/۸۲ ± ۱/۳۳	۱۲ (۳)	تمرین HIIT: ۳۰ تا ۵۵ دقیقه HRmax ۱۰۰٪	تمرین HIIT: ۸۵ تا

Eslami et al ۲۰۲۰ [۵۱]	RCT – ایران ۲۴ زن	اضافه وزن و چاق	گلوکز	تمرین HIIT (۱۲ نفر): ۴۷/۸۲ ± ۷/۴۲ کنترل (۱۲ نفر): ۴۶/۸۷ ± ۳/۱۸	تمرین HIIT: ۲۹/۸۴ ± ۱/۸۹ کنترل: ۳۱/۳۶ ± ۲/۸۳	تمرین HIIT: ۴۵ دقیقه تمرین HIIT: ۱۰۰% HRmax	۱
Lal Sazegar et al ۲۰۲۲ [۵۲]	RCT – ایران ۱۹ مرد	اضافه وزن و چاق	BMI Wht HDL LDL TG TC	تمرین HIIT (۱۰ نفر): ۲۰/۵۰ ± ۱/۶۵ کنترل (۹ نفر): ۲۰/۷۸ ± ۱/۷۱	تمرین HIIT: ۲۹/۸۰ ± ۳/۷۳ کنترل: ۳۷/۲۲ ± ۳/۷۰	تمرین HIIT: – تمرین HIIT: ۱۰۰% HRmax	۸ (۳)
Fakhri et al ۲۰۲۰ [۷۶]	RCT – ایران ۲۴ زن	اضافه وزن	درصد چربی بدن BMI Wht HDL LDL TG TC گلوکز	تمرین HIIT (۱۲ نفر): ۲۰/۲۵ ± ۰/۸۵ کنترل (۱۲ نفر): ۲۲/۰۰ ± ۰/۸۱	تمرین HIIT: ۲۸/۴۴ ± ۲/۰۵ کنترل: ۲۸/۷۳ ± ۲/۷۲	تمرین HIIT: – تمرین HIIT: ۹۵% HRmax	۶ (۳)
Hajinia et al ۲۰۲۰ [۵۳]	RCT – ایران ۲۰ مرد	اضافه وزن و چاق	درصد چربی بدن BMI Vo2max HDL LDL TG	تمرین HIIT (۱۰ نفر): ۳۷/۵۶ ± ۳/۳۳ کنترل (۱۰ نفر): ۳۷/۵۶ ± ۳/۳۳	تمرین HIIT: ۲۸/۹۴ ± ۱/۸۵ کنترل: ۲۹/۵۱ ± ۳/۴۳	تمرین HIIT: – تمرین HIIT: ۹۵% HRmax	۸ (۳)
Tartibain et al ۲۰۲۰ [۵۴]	RCT – ایران ۲۲ مرد	چاق	درصد چربی بدن BMI HDL LDL TG TC	تمرین HIIT (۱۱ نفر): ۲۵/۰۸ ± ۳/۰۲ کنترل (۱۱ نفر): ۲۴/۸۴ ± ۱/۶۴	تمرین HIIT: ۳۱/۶۴ ± ۱/۶۲ کنترل: ۳۱/۰۶ ± ۱/۳۷	تمرین HIIT: – تمرین HIIT: ۸۵% HRmax	۱۲ (۳)
Kazemi et al ۲۰۲۰ [۵۵]	RCT – ایران ۲۰ مرد	اضافه وزن	درصد چربی بدن BMI Wht HDL LDL TG TC گلوکز	تمرین HIIT (۱۰ نفر): ۲۵/۴ ± ۰/۷۰ کنترل (۱۰ نفر): ۲۶/۲۲ ± ۰/۷۸	تمرین HIIT: ۲۷/۹ ± ۳/۰۰ کنترل: ۲۶/۵ ± ۱/۳۰	تمرین HIIT: – تمرین HIIT: ۹۰% HRmax	۸ (۳)
Pashaei et al ۲۰۲۰ [۵۶]	RCT – ایران ۲۴ زن	اضافه وزن و چاق	HDL LDL TG TC گلوکز	تمرین HIIT (۱۲ نفر): ۳۵ تا ۵۰ سال کنترل (۱۲ نفر): ۳۵ تا ۵۰ سال	تمرین HIIT: – کنترل: –	تمرین HIIT: – تمرین HIIT: ۸۵% HRmax	۸ (۵)
Nasiri et al ۲۰۱۸ [۴۳]	RCT – ایران ۳۰ زن	دیابت نوع دو	درصد چربی بدن BMI Wht گلوکز	تمرین HIIT (۱۵ نفر): ۴۵ تا ۶۰ سال کنترل (۱۵ نفر): ۴۵ تا ۶۰ سال	تمرین HIIT: ۲۹/۵۷ ± ۲/۷۷ کنترل: ۲۹/۱۳ ± ۴/۱۷	تمرین HIIT: ۲۰ تا ۴۰ دقیقه تمرین HIIT: ۷۰% HRmax	۸ (۳)
Safari Mosavi et al ۲۰۱۸ [۳۶]	RCT – ایران ۱۶ زن و مرد	پیش دیابتی	گلوکز	تمرین HIIT (۸ نفر): ۳۷/۶ ± ۴/۴۸ کنترل (۸ نفر): ۳۷/۴ ± ۳/۱۹	تمرین HIIT: ۳۷/۲۷ ± ۳/۳۵ کنترل: ۳۷/۰۲ ± ۲/۲۱	تمرین HIIT: – تمرین HIIT: ۹۰% HRmax	۱۲ (۴)
Ebrahimi et al ۲۰۱۵ [۷]	RCT – ایران ۱۶ مرد	سندرم متابولیک	درصد چربی بدن BMI Wht Vo2max HDL LDL TG TC گلوکز	تمرین HIIT (۸ نفر): ۲۰/۸۸ ± ۱/۵۵ کنترل (۸ نفر): ۲۲/۸۷ ± ۴/۳۲	تمرین HIIT: ۳۱/۲۸ ± ۲/۲۹ کنترل: ۲۸/۹۴ ± ۲/۲۴	تمرین HIIT: – تمرین HIIT: ۹۵% HRmax	۸ (۳)

Sañudo et al ۲۰۱۸ [۵۸]	RCT – اسپانیا	۲۷ زن	چاق	درصد چربی بدن BMI HDL LDL TG TC	تمرین HIIT (۱۴ نفر): ۳۵ ± ۷ کنترل (۱۳ نفر): ۳۶ ± ۹	تمرین HIIT: ۳۲/۳ ± ۵/۴ کنترل: ۳۱/۲ ± ۵/۰	۸ (۳)	تمرین HIIT – تمرین HIIT: HRmax ۹۰٪
Allahverdi et al ۲۰۱۹ [۵۹]	RCT – ایران	۱۶ زن	اضافه وزن و چاق	درصد چربی بدن BMI HDL LDL TG TC	تمرین HIIT (۹ نفر): ۳۴/۲۲ ± ۷/۰۰ کنترل (۷ نفر): ۳۶/۰۰ ± ۹/۰۰	تمرین HIIT: ۲۹/۶۱ ± ۳/۴۵ کنترل: ۲۹/۱۸ ± ۴/۷۱	۸ (۳)	تمرین HIIT: ۳۶ دقیقه تمرین HIIT: HRmax ۹۰٪ تا ۷۵
Khammassi et al ۲۰۱۸ [۶۰]	RCT – تونس	۲۰ مرد	اضافه وزن و چاق	درصد چربی بدن BMI HDL LDL TG TC	تمرین HIIT (۱۰ نفر): ۱۸ تا ۲۱ سال کنترل (۱۰ نفر): ۱۸ تا ۲۱ سال	تمرین HIIT: ۲۹/۳ ± ۲/۵ کنترل: ۲۹/۰ ± ۲/۲	۱۲ (۳)	تمرین HIIT – تمرین HIIT: HRmax ۱۱۰٪
Ouerghi et al ۲۰۱۷ [۶۱]	RCT – تونس	۱۸ مرد	اضافه وزن و چاق	BMI HDL LDL TG TC گلوکز	تمرین HIIT (۹ نفر): ۱۸/۱ ± ۰/۹۳ کنترل (۹ نفر): ۱۸/۳ ± ۱/۲۲	تمرین HIIT: ۳۰/۵ ± ۱/۵۱ کنترل: ۳۰/۸ ± ۴/۵۶	۸ (۳)	تمرین HIIT – تمرین HIIT: HRmax ۱۰۰٪
Jafari et al ۲۰۱۶ [۴۲]	RCT – ایران	۴۰ مرد	اضافه وزن	HDL LDL	تمرین HIIT (۲۰ نفر): ۱۵/۲۰ ± ۰/۶۲ کنترل (۲۰ نفر): ۱۵/۶۸ ± ۰/۷۸	تمرین HIIT: ۲۹/۵۳ ± ۱/۸۸ کنترل: ۲۹/۶۳ ± ۲/۰۳	۸ (۳)	تمرین HIIT – تمرین HIIT: HRmax ۶۰٪
Zhang et al ۲۰۱۷ [۶۲]	RCT – چین	۳۳ زن	اضافه وزن	BMI Wht TG TC گلوکز	تمرین HIIT (۱۲ نفر): ۲۱/۰ ± ۱/۰ کنترل (۱۱ نفر): ۲۰/۹ ± ۱/۰	تمرین HIIT: ۲۵/۸ ± ۲/۷ کنترل: ۲۵/۴ ± ۱/۵	۱۲ (۴)	تمرین HIIT: ۴۵ دقیقه تمرین HIIT: HRmax ۹۵٪ تا ۸۵
Yousefzadeh et al ۲۰۲۲ [۴۴]	RCT – ایران	۲۰ مرد	چاق	درصد چربی بدن BMI Wht گلوکز	تمرین HIIT (۱۰ نفر): ۱۹/۹۱ ± ۴/۷۱ کنترل (۱۰ نفر): ۱۹/۲۲ ± ۲/۲۴	تمرین HIIT: ۳۰/۵۶ ± ۱/۳ کنترل: ۳۰/۵۲ ± ۱/۸	۶ (۴)	تمرین HIIT – تمرین HIIT: HRmax ۵۰٪
Arfi et al ۲۰۱۴ [۷]	RCT – ایران	۱۸ مرد	چاق	درصد چربی بدن BMI Wht HDL LDL TG TC	تمرین HIIT (۹ نفر): ۲۴/۳۳ ± ۱/۴۱ کنترل (۹ نفر): ۲۳/۲۷ ± ۲/۰۱	تمرین HIIT: ۲۳/۳۲ ± ۲/۲۹ کنترل: ۲۳/۵۴ ± ۲/۶۰	۶ (۳)	تمرین HIIT – تمرین HIIT: HRmax ۹۰٪
Soori et al ۲۰۱۹ [۶۳]	RCT – ایران	۱۸ مرد	چاق	درصد چربی بدن BMI Wht HDL LDL TG TC	تمرین HIIT (۹ نفر): ۲۰/۵۵ ± ۱/۳۴ کنترل (۹ نفر): ۲۰/۵۵ ± ۱/۳۴	تمرین HIIT: ۳۱/۲ ± ۲/۰۱ کنترل: ۳۱/۱ ± ۴/۰۱	۱۶ (۳)	تمرین HIIT: ۵۰ تا ۶۰ دقیقه تمرین HIIT: HRmax ۹۰٪
Racil et al ۲۰۱۶ [۷۱]	RCT – تونس	۳۳ زن	چاق	BMI HDL LDL TG TC گلوکز	تمرین HIIT (۱۱ نفر): ۱۵/۶ ± ۰/۷ کنترل (۱۲ نفر): ۱۵/۹ ± ۱/۲	تمرین HIIT: ۳۰/۸ ± ۱/۶ کنترل: ۳۰/۸ ± ۱/۶	۱۲ (۳)	تمرین HIIT – تمرین HIIT: HRmax ۱۱۰٪

BMI (kg/m²): Body Mass Index (kilograms/ square meters), HDL: High-Density Lipoprotein, LDL: Low-Density Lipoproteins, TG: Triglycerides, TC: Total Cholesterol, HIIT: High-Intensity Interval Training, HRmax: Maximum Heart Rate, VO₂max: Maximal Oxygen Consumption.

جدول ۲- بررسی کیفی مطالعات

مطالعه - سال	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	امتیاز
Naghizadeh et al [۲۲] ۲۰۲۳	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
Dolataabadi et al [۴۶] ۲۰۲۳	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
Khani et al [۴۷] ۲۰۲۳	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	۸
Ghafari et al [۲۴] ۲۰۲۳	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	۸
Zolfi et al [۴۸] ۲۰۲۲	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
Shabkhiz et al [۴۹] ۲۰۲۳	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۹
Azizi et al [۵۷] ۲۰۱۸	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۸
Moradi et al [۲۵] ۲۰۲۲	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
Valipoor et al [۵۰] ۲۰۲۰	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
Eslami et al [۵۱] ۲۰۲۰	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
Lal Sazegar et al [۵۲] ۲۰۲۲	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
[۷۶] ۲۰۲۰ Fakhri et al	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
Hajinia et al [۵۳] ۲۰۲۰	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
Tartibain et al [۵۴] ۲۰۲۰	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
Kazemi et al [۵۵] ۲۰۲۰	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
Pashaei et al [۵۶] ۲۰۲۰	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
Nasiri et al [۴۳] ۲۰۱۸	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
Safari Mosavi et al [۲۶] ۲۰۱۸	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
Ebrahimi et al [۷] ۲۰۱۵	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
Sañudo et al [۵۸] ۲۰۱۸	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
Allahverdi et al [۵۹] ۲۰۱۹	✓	✓	×	×	✓	✓	×	✓	✓	۶
Khammassi et al [۶۰] ۲۰۱۸	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
Ouerghi et al [۶۱] ۲۰۱۷	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
Jafari et al [۴۲] ۲۰۱۶	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
Zhang et al [۶۲] ۲۰۱۷	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
Yousefzadeh et al [۴۴] ۲۰۲۲	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
Arfi et al [۷۷] ۲۰۱۴	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
Soori et al [۶۳] ۲۰۱۹	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷

نتایج فراتحلیل

درصد چربی بدن

تجزیه و تحلیل داده‌های ۲۱ مداخله نشان داد که HIIT سبب کاهش معنادر درصد چربی بدن [$P=0/001$ ، $(-0/993$ الی $-0/599)$ ، $-0/796$ SMD¹] نسبت به گروه کنترل در بیماران مبتلا به T2DM یا چاق شد (شکل ۲). با استفاده از آزمون (I2) ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادر وجود دارد ($P=0/001$ ، $I2=66794$) [نمودار ۲].

نمایه توده بدن (BMI)

تجزیه و تحلیل داده‌های ۲۷ مداخله نشان داد که HIIT سبب کاهش معنادر BMI [$P=0/001$ ، $(-0/541$ الی $-0/215)$ ، $-0/378$ SMD] نسبت به گروه کنترل در بیماران مبتلا به T2DM یا چاق شد (شکل ۳). با استفاده از آزمون (I2) ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادر وجود دارد ($P=0/001$ ، $I2=1766$) [نمودار ۳].

WHR

تجزیه و تحلیل داده‌های ۱۱ مداخله نشان داد که HIIT سبب کاهش معنادر WHR [$P=0/002$ ، $(-0/691$ الی $-0/158)$ ، $-0/424$ SMD] نسبت به گروه کنترل در بیماران مبتلا به T2DM یا چاق شد (شکل ۴). با استفاده از آزمون (I2) ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادر وجود دارد ($P=0/001$ ، $I2=74983$) [نمودار ۴].

Vo2max

تجزیه و تحلیل داده‌های ۱۰ مداخله نشان داد که HIIT سبب افزایش معنادر Vo2max [$P=0/001$ ، $(0/709$ الی $0/286)$ ، $0/997$ WMD²] نسبت به گروه کنترل در بیماران مبتلا به T2DM یا چاق شد (شکل ۵). با استفاده از آزمون (I2) ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادر وجود دارد ($P=0/028$ ، $I2=51705$) [نمودار ۵].

HDL

تجزیه و تحلیل داده‌های ۲۴ مداخله نشان داد که HIIT سبب تغییر معنادر HDL [$P=0/001$ ، $(0/371$ الی $0/745)$ ، $0/558$ mg/dL WMD] نسبت به گروه کنترل در بیماران مبتلا به T2DM یا چاق شد (شکل ۶). با استفاده از آزمون (I2) ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان

داد که ناهمگونی معنادر وجود دارد ($P=0/001$ ، $I2=82115$) [نمودار ۶].

LDL

تجزیه و تحلیل داده‌های ۲۵ مداخله نشان داد که HIIT سبب تغییر معنادر LDL [$P=0/001$ ، $(-0/879$ الی $-0/509)$ ، $-0/694$ mg/dL SMD] نسبت به گروه کنترل در بیماران مبتلا به T2DM یا چاق شد (شکل ۷). با استفاده از آزمون (I2) ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادر وجود دارد ($P=0/001$ ، $I2=81504$) [نمودار ۷].

TC

تجزیه و تحلیل داده‌های ۲۱ مداخله نشان داد که HIIT سبب تغییر معنادر TC [$P=0/001$ ، $(-0/688$ الی $-0/301)$ ، $-0/495$ mg/dL SMD] نسبت به گروه کنترل در بیماران مبتلا به T2DM یا چاق شد (شکل ۸). با استفاده از آزمون (I2) ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی غیرمعنادر وجود دارد ($P=0/148$ ، $I2=24720$) [نمودار ۸].

TG

تجزیه و تحلیل داده‌های ۲۳ مداخله نشان داد که HIIT سبب تغییر معنادر TG [$P=0/001$ ، $(-0/704$ الی $-0/317)$ ، $-0/510$ mg/dL SMD] نسبت به گروه کنترل در بیماران مبتلا به T2DM یا چاق شد (شکل ۹). با استفاده از آزمون (I2) ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادر وجود دارد ($P=0/001$ ، $I2=82183$) [نمودار ۹].

گلوکز خون ناشتا

تجزیه و تحلیل داده‌های ۱۵ مداخله نشان داد که HIIT سبب تغییر معنادر گلوکز خون ناشتا [$P=0/001$ ، $(-0/791$ الی $-0/323)$ ، $-0/557$ mg/dL SMD] نسبت به گروه کنترل در بیماران مبتلا به T2DM یا چاق شد (شکل ۱۰). با استفاده از آزمون (I2) ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادر وجود دارد ($P=0/001$ ، $I2=80441$) [نمودار ۱۰].

²Weight Mean Difference¹Standard Mean Difference

سوگیری انتشار

LDL, (P= ۰/۰۰۱) HDL, (P= ۰/۰۰۱) Vo2max, (P= ۰/۰۰۱)

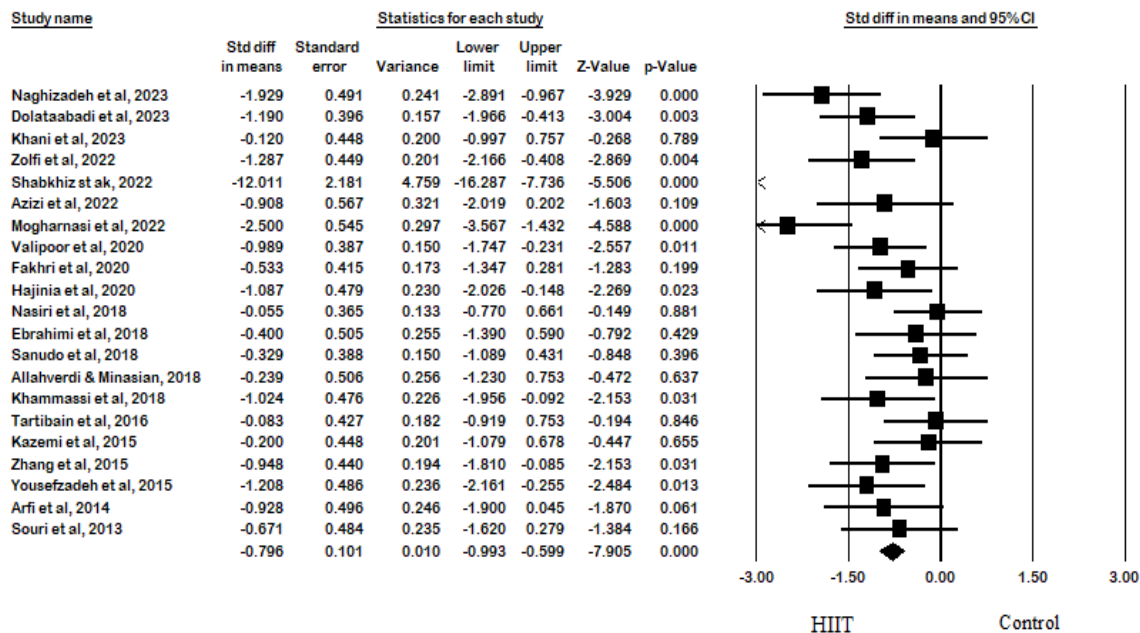
(P= ۰/۰۰۱) TC, (P= ۰/۰۰۱) و TG (P= ۰/۰۰۱) بود و اما عدم وجود

سوگیری انتشار غیرمعنادار برای گلوکز خون ناشتا (P= ۰/۰۰۶) بود.

نتیجه تست آزمون Egger نشان دهنده وجود سوگیری انتشار معنادار

برای درصد چربی بدن (P= ۰/۰۰۱) BMI, (P= ۰/۰۰۱) WHR, (P= ۰/۰۰۱)

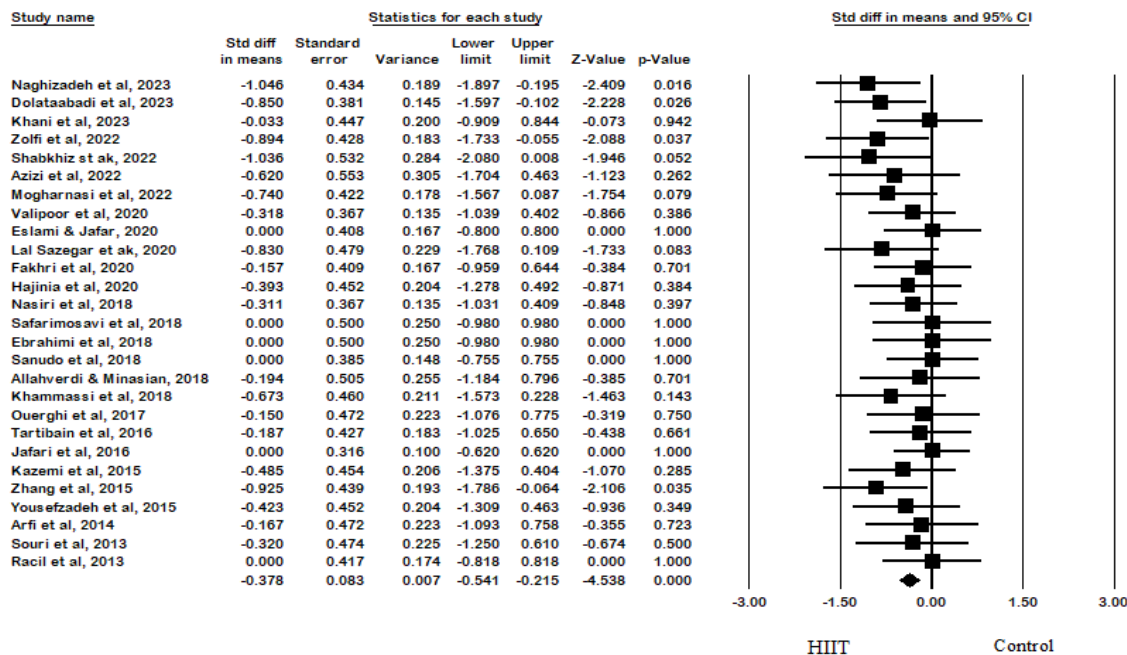
Meta Analysis



Meta Analysis

نمودار ۲- انباشت، اثر HIIT بر درصد چربی بدن

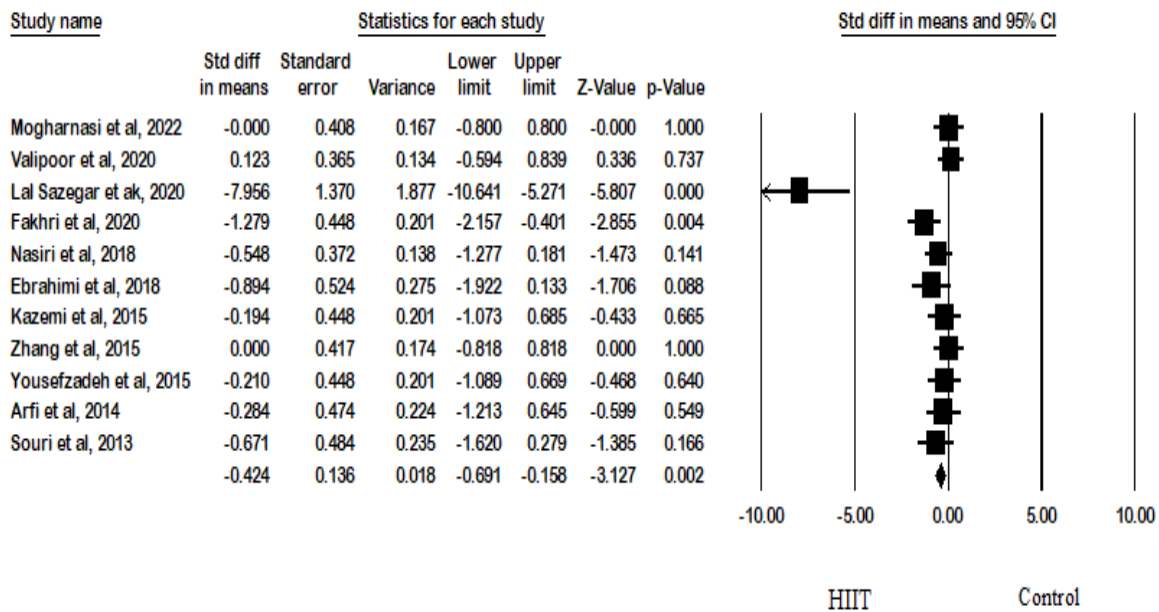
Meta Analysis



Meta Analysis

نمودار ۳- انباشت، اثر HIIT بر BMI

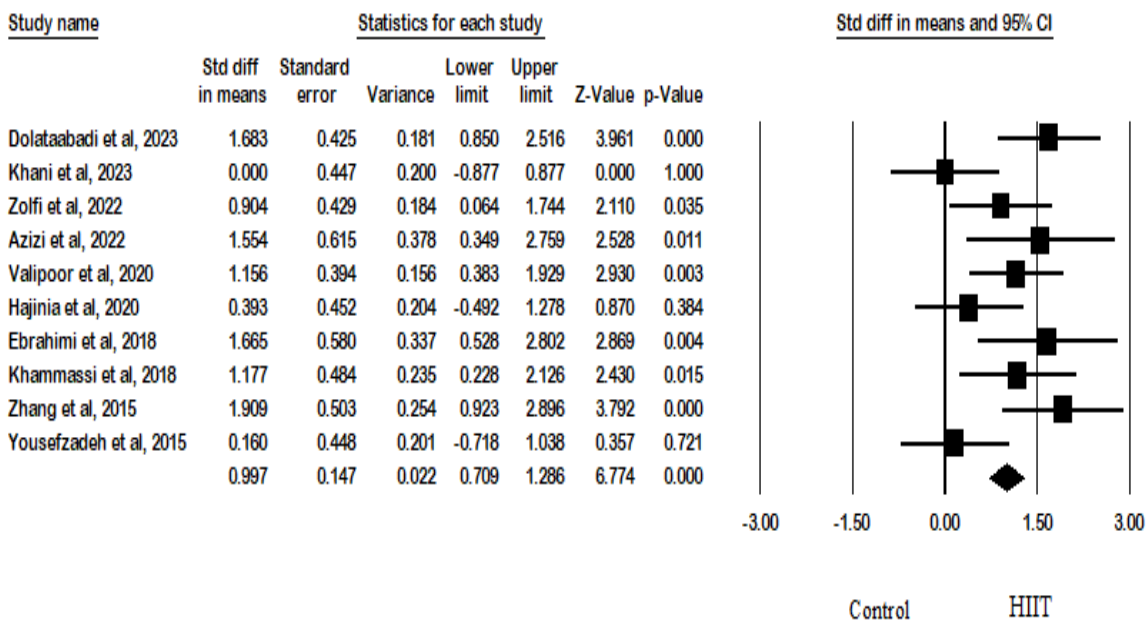
Meta Analysis



Meta Analysis

نمودار ۴- انباشت، اثر HIIT بر WHR

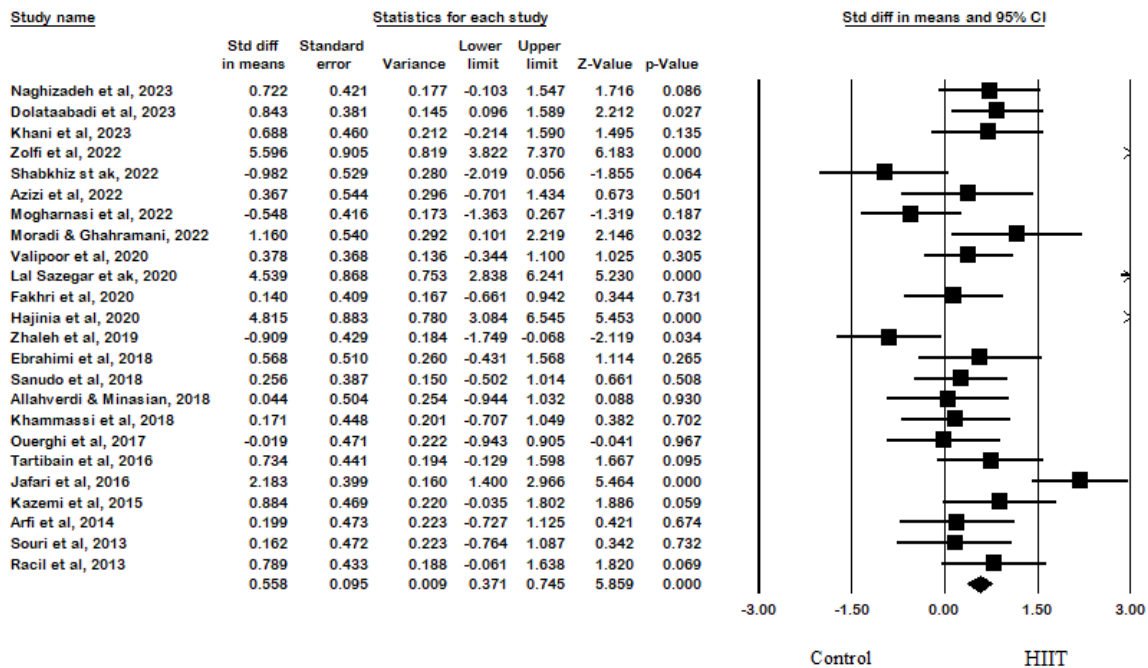
Meta Analysis



Meta Analysis

نمودار ۵- انباشت، اثر HIIT بر Vo2max

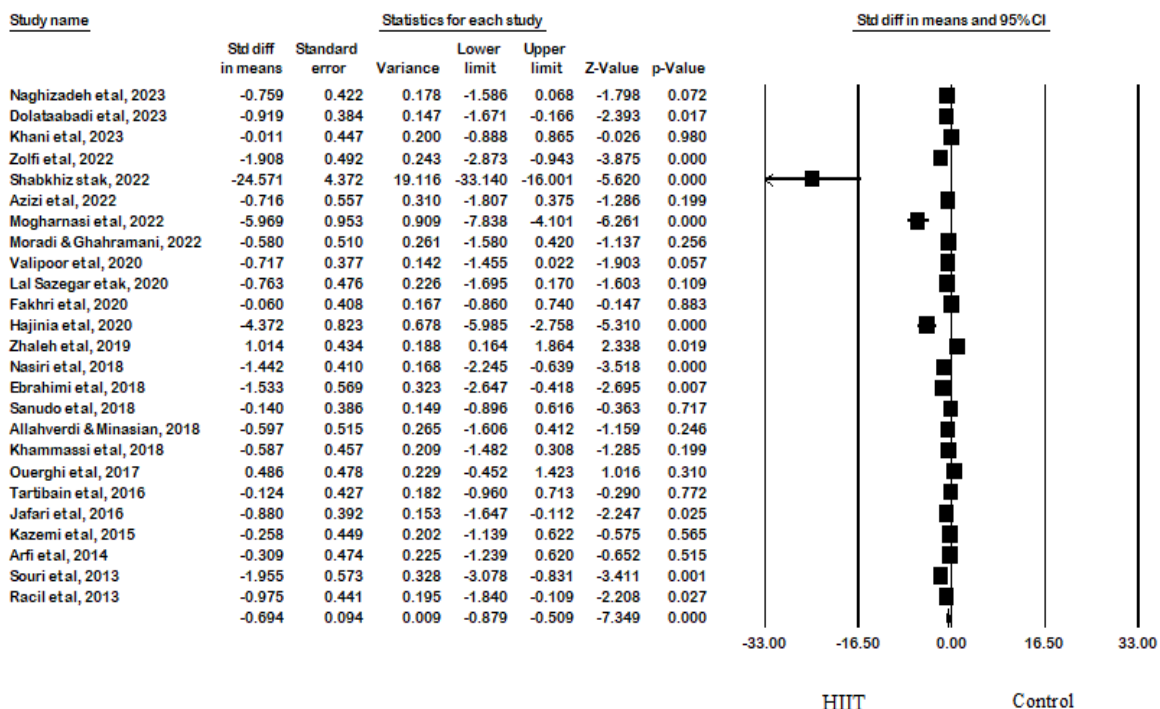
Meta Analysis



Meta Analysis

نمودار ۶- انباشت، اثر HIIT بر HDL

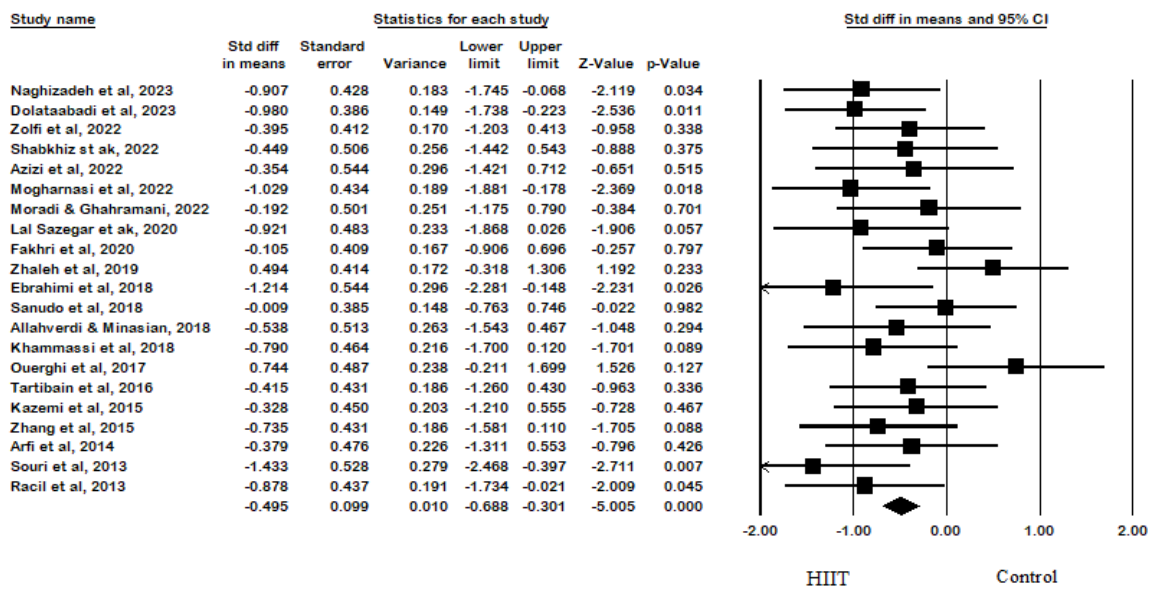
Meta Analysis



Meta Analysis

نمودار ۷- انباشت، اثر HIIT بر LDL

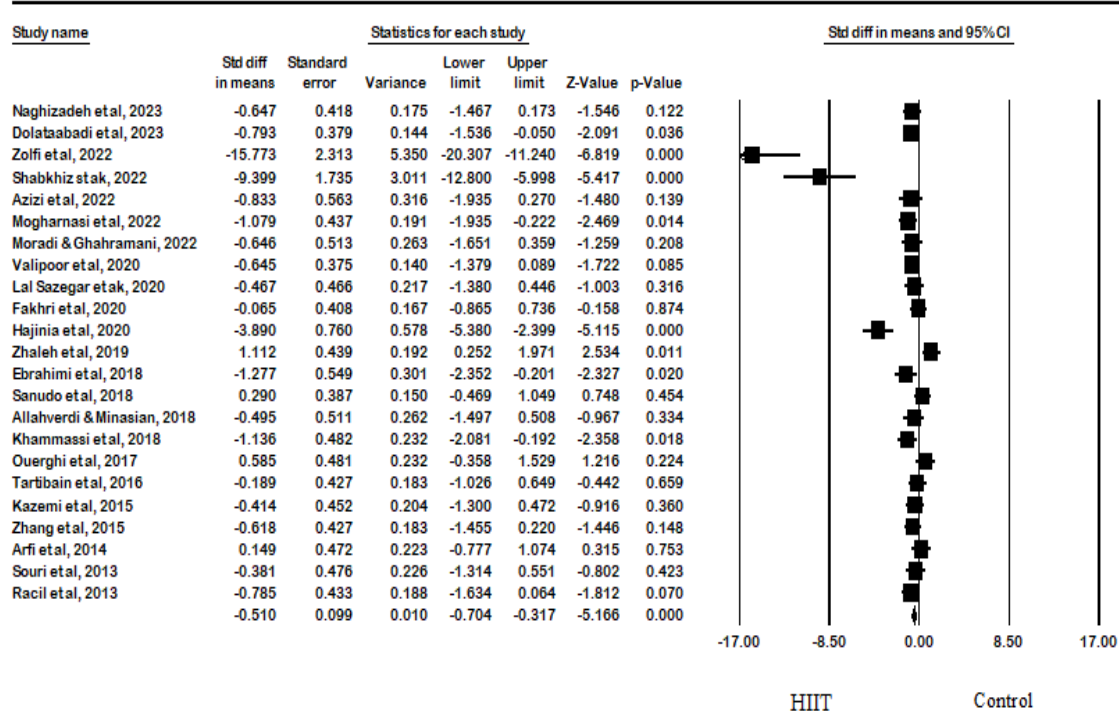
Meta Analysis



Meta Analysis

نمودار ۸- انباشت، اثر HIIT بر TC

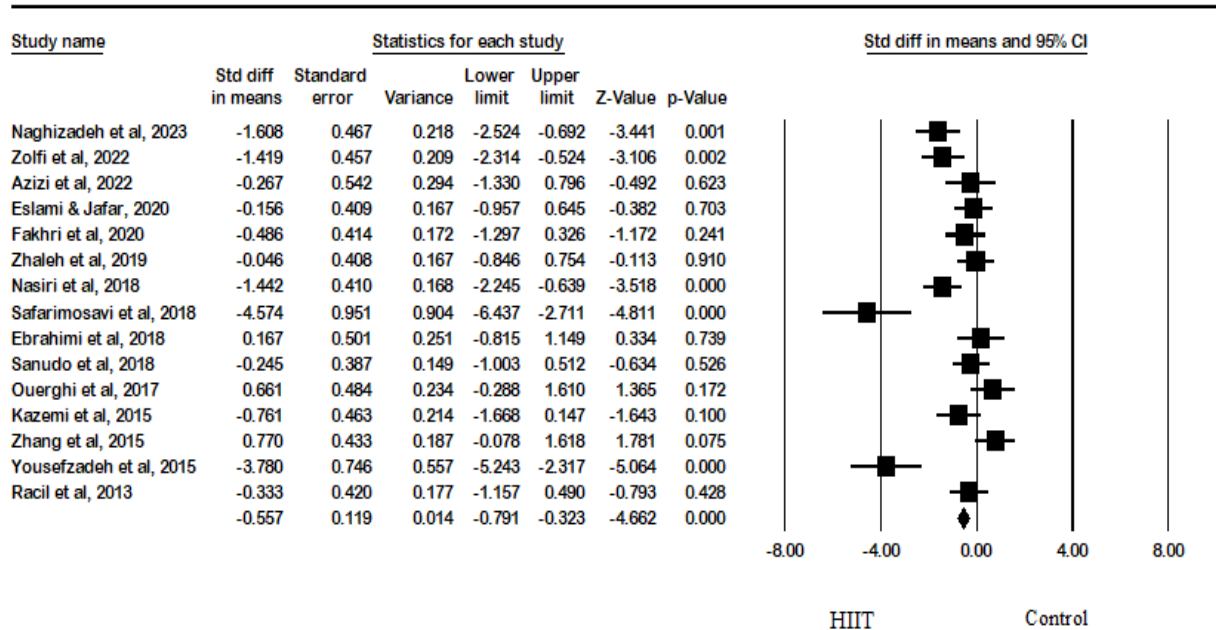
Meta Analysis



Meta Analysis

نمودار ۹- انباشت، اثر HIIT بر TG

Meta Analysis



Meta Analysis

نمودار ۱۰- انباشت، اثر HIIT بر گلوکز خون ناشتا

بحث

هدف پژوهش فرا تحلیل حاضر، بررسی اثر تمرین HIIT بر پروفایل لیپیدی، گلوکز خون ناشتا، ترکیب بدن و Vo2max در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو یا چاق بود. نتایج ۲۹ مطالعه با ۶۹۲ آزمودنی حاکی از این بود که تمرین HIIT باعث کاهش معنادار درصد چربی بدن، BMI، WHR، LDL، TC، TG و گلوکز خون ناشتا نسبت به گروه کنترل در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو یا چاق همراه بود. از سوی دیگر، تمرین HIIT با افزایش معنادار Vo2max و HDL نسبت به گروه کنترل در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو یا چاق همراه بود.

تمرینات ورزشی جزء ضروری تمام مداخلات موثر برای درمان و پیشگیری از T2DM است. مطالعات قبلی نشان داده است که تمرینات هوازی، تمرینات مقاومتی و HIIT به طور مستقل اثرات مفیدی در پیشگیری از دیابت نوع دو دارند [۶۴-۷۰]. علاوه بر این، بهبودی در اضطراب و افسردگی در مقایسه با قبل از تمرین مشاهده شد. به نظر می رسد HIIT مفید و ایمن باشد، زیرا هیچ آسیب حاد قلبی-عروقی گزارش نشده است و میانگین نرخ پایداری آن از ۸۰ درصد فراتر رفت. با توجه به این که به نظر می رسد HIIT طیف وسیعی از مزایای سلامتی را نشان می دهد، ممکن است مزایای برتری نسبت به دیگر تمرینات

ورزشی داشته اند، زیرا شامل جلسات تمرینی کوتاه تری است. از آنجا که بیماران T2DM اغلب کمبود زمان را به عنوان یکی از موانع ورزش منظم گزارش می کنند، HIIT ممکن است یک راهبرد مؤثر در راستای صرف زمان کمتر باشد، به همین دلیل ممکن است عاقلانه باشد که افراد را به دنبال کردن آن ترغیب کنیم [۷۱-۷۵].

تجزیه و تحلیل یافته های پژوهش حاضر نشان داد تمرین HIIT با کاهش معنادار درصد چربی بدن، BMI و WHR در بیماران مبتلا به T2DM یا چاق همراه بود. یافته این پژوهش، با یافته های پژوهش های Valipoor et al [۵۰] و Azimidokht et al [۲۳] همسو است. در یک مطالعه پژوهشی Valipoor et al (۲۰۲۰) گزارش دادند که تمرین HIIT موجب کاهش درصد چربی بدن، BMI، WHR و Vo2max نسبت به گروه کنترل شد [۵۷]. Azimidokht et al (۲۰۱۵) در یک مطالعه دیگر گزارش دادند که تمرین HIIT موجب بهبود معنادار ترکیب بدن نسبت به گروه کنترل شد [۲۳]. نتایج مطالعات پیشین، حاکی از تأثیر تمرین HIIT در راستای کاهش ترکیب بدن در بیماران مبتلا به T2DM یا چاق است، لذا منطقی است انتظار داشته باشیم که در افراد مبتلا به بیماری های مزمن اعم از T2DM، چاق، سندرم متابولیک و جز آن، تمرین HIIT می تواند در راستای کاهش ترکیب بدن متغیر مزبور در این جمعیت خاص نیز، اثرات مثبت داشته باشد. در تأیید این مطلب می توان سازکارهای فیزیولوژیکی کاهش ترکیب بدن

از جمله درصد چربی بدن، BMI و WHR را از لحاظ نظری بررسی نمود. یکی از سازکارهای کاهش شاخص‌های ترکیب بدن افزایش اکسیداسیون چربی و آنزیم‌های اکسایشی می‌باشد. زیرا گزارش شده است تمرین HIIT روی بافت چربی اثر می‌گذارد و باعث تحریک¹ PGC-1 α عضلانی می‌شود که قابلیت ظرفیت اکسیداسیون چربی را افزایش می‌دهد [۷۵]. تمرین HIIT در کاهش چربی از طریق سازکارهای تغییرات در متابولیسم و افزایش مصرف بیش از حد اکسیژن پس از ورزش عمل می‌کند. HIIT با نرخ بالای لیپولیز چربی همراه است، اما به دلیل کوتاه‌تر بودن تمرین لزوماً با نرخ بالای اکسیداسیون اسیدهای چرب آزاد همراه نیست، چرا که عمدتاً ماهیت بی‌هوازی دارد و باعث افزایش کاتکولامین‌ها (اپی نفرین و نوراپی نفرین) و هورمون رشد می‌شود که لیپولیز را تحریک می‌کند [۲۵، ۱۷]. همچنین پروتکل‌های HIIT سهم قابل توجهی از کربوهیدرات در برابر چربی دارند. بنابراین از آنجا که تمرین HIIT باعث افزایش لیپولیز یا اکسیداسیون اسیدهای چرب می‌شود، پتانسیل بیشتری برای کاهش گلیکوژن عضلانی دارد و ممکن است کاهش چربی در دوره پس از ورزش رخ دهد [۶۸]. افزایش فعالیت ورزشی در بافت چربی سبب افزایش اسیدهای چرب آزاد گردش خون در بیماران کبد چرب غیرالکلی می‌شود که این اسیدهای چرب منبع اصلی برای گلیسیریدهای درون کبدی خواهند بود [۶۹]. بنابراین اگرچه کاهش وزن برای کنترل کبد چرب اهمیت دارد، اما فعالیت‌های ورزشی منظم و مناسب ضمن کاهش وزن، در بهبود حساسیت انسولینی، تنظیم نیم‌رخ چربی پلاسما مؤثر و دارای فواید سودمند دیگری نیز است [۵۳].

تجزیه و تحلیل قسمت دیگر یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که تمرین HIIT منجر به افزایش معنادار Vo2max در بیماران مبتلا به T2DM یا چاق می‌شود. یافته این پژوهش، با یافته‌های پژوهش‌های Dolataabadi et al [۴۶] و Zolfi et al [۴۸] همسو بود. در یک مطالعه پژوهشی Dolataabadi et al [۴۶] (۲۰۲۳) گزارش دادند که تمرین HIIT موجب افزایش معنادار Vo2max نسبت به گروه کنترل در زنان چاق شد [۵۳]. در یک مطالعه دیگر Zolfi et al (۲۰۲۲) گزارش دادند که تمرین HIIT موجب افزایش معنادار Vo2max نسبت به گروه کنترل در زنان چاق شد [۵۵]. در یک مطالعه فراتحلیل Peng et al ۵ مطالعه را که بر روی T2DM مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که تمرین HIIT نسبت به گروه کنترل موجب افزایش معنادار Vo2max

بیماران T2DM شد [۶۴]. همچنین، در یک مطالعه فراتحلیل دیگر که با هدف مقایسه اثر تمرین تناوبی و تداومی بر فاکتورهای گلیسمی بر روی T2DM انجام شده بود، گزارش شد که تمرین تناوبی در مقایسه با تمرین تداومی موجب افزایش معنادار Vo2max شد [۷۰]. تمرینات هوازی باعث بهبود مصرف Vo2max و بهبود در پارامترهای گلیسمیک می‌شود که می‌تواند بازتابی از کاهش گلوکز خون و هموگلوبین گلیکوزیله باشد [۸۱]. عمدتاً با افزایش Vo2max، گلوکز خون، چربی، مقاومت به انسولین کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد که احتمالاً سازگاری‌های مرکزی و پیرامونی از جمله مهم‌ترین عوامل افزایش Vo2max باشند. انجام فعالیت‌های ورزشی باعث افزایش حجم پلاسما شده که افزایش بازگشت وریدی به قلب و پیش بار بطنی را به همراه دارد که در نتیجه حجم ضربه‌ای به ازای یک شدت فعالیت بدنی افزایش می‌یابد که مجموع این عوامل باعث بهبود Vo2max می‌شوند [۷۲].

تجزیه و تحلیل قسمت دیگر یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که تمرین HIIT منجر به افزایش معنادار HDL و کاهش معنادار LDL، TC، TG در بیماران مبتلا به T2DM یا چاق می‌شود. یافته این پژوهش، با یافته‌های پژوهش‌های Shabkhiz et al [۴۹] و Ghafari et al [۲۴] همسو بود. در یک مطالعه پژوهشی Shabkhiz et al (۲۰۲۳) گزارش دادند که تمرین HIIT موجب کاهش معنادار LDL، TC، TG و افزایش معنادار HDL نسبت به گروه کنترل در زنان دارای اضافه وزن شد [۵۶]. همچنین Ghafari et al (۲۰۲۳) در یک مطالعه پژوهشی دیگر گزارش دادند که تمرین HIIT موجب بهبود پروفایل لیپیدی HDL، LDL، TG، TC نسبت به گروه کنترل در زنان دارای اضافه وزن و چاق گردید [۲۹]. در یک مطالعه فراتحلیل Peng et al (۲۰۲۲) نشان دادند که تمرین HIIT به‌طور قابل توجهی پروفایل لیپیدی خون را بهبود می‌بخشد و یک مداخله مؤثر برای بهبود متابولیسم چربی است [۶۴]. تمرین HIIT به دلیل استفاده بیشتر از منابع بی‌هوازی و تجمع متابولیت‌هایی مانند AMP می‌تواند در نهایت با افزایش آدیپوکاین‌های خوب و افزایش احتمالی بیورژن میتوکندری در بهبود پروفایل لیپیدی مؤثر باشد [۷۳]. تمرین HIIT از طریق افزایش حساسیت گیرنده‌های بتا‌آدرنژیک بافت چربی و افزایش برداشت و اکسیداسیون اسید چرب در عضلات، باعث افزایش لیپولیز و بهبود پروفایل لیپیدی می‌شود [۷۴]. فعالیت ورزشی منجر به افزایش فعالیت آنزیم لیپوپروتئین لیپاز^۲ (LPL) شده و این آنزیم منجر به تجزیه بیشتر لیپوپروتئین گردیده و از این طریق میزان LDL کاهش می‌یابد.

¹Peroxisome Proliferator-activated Receptor Gamma Coactivator

²Lipoprotein Lipase

همچنین فعالیت ورزشی با افزایش فعالیت آنزیم لسیتین کلسترول اسیل ترانسفراز^۱ (LCAT)، میزان HDL را افزایش می‌دهد. این آنزیم مسئول انتقال استر کلسترول به HDL است. از طرفی، کاهش فعالیت آنزیم کلستریل استر ترانسفر پروتئین^۲ (CETP) منجر به کاهش لیوپروتئین‌های دیگر نسبت به HDL می‌شود [۷۳].

تجزیه و تحلیل قسمت دیگر یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که تمرین HIIT منجر به کاهش معنادار گلوکز خون ناشتا در بیماران مبتلا به T2DM یا چاق می‌شود. یافته این پژوهش، با یافته‌های پژوهش‌های Eslami and Jafari [۵۱] و Fakhri et al [۷۶] همسو است. در یک مطالعه پژوهشی Eslami and Jafari (۲۰۲۰) گزارش دادند که تمرین HIIT موجب کاهش معنادار گلوکز خون ناشتا نسبت به گروه کنترل در زنان دارای اضافه وزن و چاق شد [۵۸]. Fakhri et al. در یک مطالعه دیگر گزارش دادند که تمرین HIIT موجب بهبود گلوکز خون ناشتا در زنان دارای اضافه وزن شد [۷۶]. در ادامه تأثیرات مثبت HIIT بر شاخص‌های متابولیکی و ترکیب بدنی از طریق چندین مسیر فیزیولوژیک توضیح داده می‌شود. افزایش حساسیت به انسولین: HIIT با تحریک مسیرهای پیام‌رسانی داخل سلولی مانند AMPK^۳ و GLUT-4^۴، انتقال گلوکز به داخل سلول‌های عضلانی را بهبود می‌بخشد [۳۵-۳۳]. این فرآیند به کاهش قند خون ناشتا و هموگلوبین گلیکوزیله^۵ (HbA1c) کمک می‌کند. سازگاری‌های میتوکندریایی: شدت بالای HIIT منجر به افزایش بیوژنز میتوکندری و فعالیت آنزیم‌های اکسیداتیو مانند سیتوکروم اکسیداز می‌شود. این سازگاری‌ها ظرفیت اکسیداسیون چربی را افزایش می‌دهد و در نتیجه کاهش چربی بدن و بهبود پروفایل لیپیدی رخ می‌دهد [۳۳]. افزایش ترشح میوکاین‌ها: HIIT موجب ترشح بیشتر میوکاین‌هایی مانند ایریسین و آدیپونکتین می‌شود که نقش مهمی در تنظیم متابولیسم گلوکز و لیپید دارند [۲۲]. کاهش التهاب سیستمیک: تمرینات تناوبی شدید با کاهش سطوح سیتوکین‌های التهابی مانند TNF- α ^۶ و IL-6^۷، وضعیت التهابی مرتبط با دیابت و چاقی را بهبود می‌بخشند [۳۵]. علی‌رغم این‌که مطالعه حاضر نتایج بالینی مهمی برای بیماران T2DM یا چاق ارائه داد، محدودیت‌های دارد که باید در نظر گرفته شود. نتایج تحلیل داده‌ها نشان‌دهنده سطح بالایی از ناهمگونی وجود داشت که لازم است در زمان تحلیل نتایج در نظر گرفته شود. مطالعات وارد شده دارای حجم نمونه پایانی

بودند. از اطلاعات مطالعات موجود مشخص است که پنهان‌سازی تخصیص به اندازه کافی در همه کار آزمایی‌های تصادفی سازی شده گزارش نشده است، که ممکن است سوگیری انتخابی را در این ارزیابی وارد کند. همچنین هیچ یک از کار آزمایی‌های تصادفی سازی شده و کنترل شده که در این تحلیل گنجانده شده‌اند، کورکردن ارزیابان پیامد را گزارش نکردند، که احتمال سوگیری انتخابی بالقوه را برای این ارزیابی این مطالعه معرفی می‌کند. پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده بر موارد زیر تمرکز کنند: طراحی پروتکل‌های استاندارد تمرین تناوبی شدید برای بیماران دیابتی با در نظر گرفتن شدت، مدت و فرکانس بهینه، بررسی اثرات ترکیب تمرین تناوبی شدید با تمرینات مقاومتی یا رژیم غذایی کنترل‌شده، ارزیابی اثرات بلندمدت تمرین تناوبی شدید بر کیفیت زندگی، میزان بستری شدن و کاهش عوارض قلبی-عروقی، تحلیل اثرات جنسیت، سن و شدت بیماری بر پاسخ بیماران به تمرین تناوبی شدید. یافته‌های این مطالعه نشان داد که تمرین تناوبی شدید می‌تواند به‌طور قابل ملاحظه‌ای بر بهبود متغیرهای متابولیکی، ترکیب بدنی و توان هوازی بیماران مبتلا به دیابت نوع دو یا چاق اثرگذار باشد. شواهد نشان می‌دهد که تمرین تناوبی شدید در مقایسه با تمرینات سنتی اثربخشی بالاتری دارد و می‌تواند به‌عنوان یک گزینه عملی و مقرون‌به‌صرفه برای مدیریت بیماری‌های متابولیک مورد استفاده قرار گیرد.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که در این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافی وجود ندارد.

سپاسگزاری

نویسندگان بدین‌وسیله از همه کسانی که در انجام این پژوهش مشارکت کرده و زمینه انجام آن را فراهم کردند، صمیمانه تقدیر و تشکر می‌کنند.

^۵Glycated Hemoglobin

^۶Tumor Necrosis Factor-alpha

^۷Interleukin-6

^۱ Lecithin Cholesterol Acyltransferase

^۲Cholesteryl Ester Transfer Protein

^۳AMP-activated Protein Kinase

^۴Glucose Transporter Type 4

References

- Sandrini L, Di Minno A, Amadio P, Ieraci A, Tremoli E, Barbieri SS. Association between Obesity and Circulating Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF) Levels: Systematic Review of Literature and Meta-Analysis. *Int J Mol Sci*. 2018; 19(8).
- Ansari S, Djalali M, Honarvar NM, Maryam, Mazaherioun, Zarei M, et al., editors. Assessing the effect of omega-3 fatty acids supplementation on serum BDNF (Brain derived Neurotrophic factor) in patients with type 2 diabetes: a randomized, double-blind, placebo-controlled study 2016.
- Lee MW, Lee M, Oh KJ. Adipose Tissue-Derived Signatures for Obesity and Type 2 Diabetes: Adipokines, Batokines and MicroRNAs. *J Clin Med*. 2019; 8(6).
- Kazeminasab F, Baharlooe M, Rezazadeh H, Soltani N, Rosenkranz SK. The effects of aerobic exercise on liver function, insulin resistance, and lipid profiles in prediabetic and type 2 diabetic mice. *Physiol Behav*. 2023; 271:114340.
- Mohamadzadeh Larijan H, Aniseh Nikravan, Aeenparast A. The role of hospital intervention in prevention of diabetes in pre-diabetes patients. *Payesh (Health Monitor) Journal*. 2019; 18(5):465-73.
- Hwang CL, Lim J, Yoo JK, Kim HK, Hwang MH, Handberg EM, et al. Effect of all-extremity high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on aerobic fitness in middle-aged and older adults with type 2 diabetes: A randomized controlled trial. *Exp Gerontol*. 2019; 116:46-53.
- Ebrahimi M. The Effect of 12-Week Yoga Selected Exercise on Fasting Glucose, Glycosylated Hemoglobin and Lipid Profile in Patients with Type 2 Diabetes. *Journal of Sport and Exercise Physiology*. 2015; 7(2):1139-46.
- Mahmoudi Y, Gholami M, Nikbakht H, Ebrahim K, Bakhtiyari S. Effect of High Intensity Interval Training with Metformin on Lipid Profiles and HbA 1 c in Diabetic Rats. *Iranian Journal of Diabetes and Obesity*. 2018;10.
- Sunil B, Ashraf AP. Dyslipidemia in pediatric type 2 diabetes mellitus. *Current diabetes reports*. 2020; 20(10):53.
- Wild S, Roglic G, Green A, Sicree R, King H. Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes Care*. 2004; 27(5):1047-53.
- Kim ES, Im JA, Kim KC, Park JH, Suh SH, Kang ES, et al. Improved insulin sensitivity and adiponectin level after exercise training in obese Korean youth. *Obesity (Silver Spring)*. 2019; 15(12):3023-30.
- Tomaro ES, Pippi R, Reginato E, Aiello C, Buratta L, Mazzeschi C, Perrone C, Ranucci C, Tirimagni A, Russo A, Fatone C. Intensive lifestyle intervention is particularly advantageous in poorly controlled type 2 diabetes. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 2017; 27(8):688-94.
- Khetan AK, Rajagopalan S. Prediabetes. *Can J Cardiol*. 2018; 34(5):615-23.
- Al-Mrabeh A. β -Cell Dysfunction, Hepatic Lipid Metabolism, and Cardiovascular Health in Type 2 Diabetes: New Directions of Research and Novel Therapeutic Strategies. *Biomedicine*. 2021; 9(2).
- Demir S, Nawroth PP, Herzig S, Ekim Üstünel B. Emerging Targets in Type 2 Diabetes and Diabetic Complications. *Adv Sci (Weinh)*. 2021; 8(18):e2100275.
- Chao M, Zou D, Zhang Y, Chen Y, Wang M, Wu H, et al. Improving insulin resistance with traditional Chinese medicine in type 2 diabetic patients. *Endocrine*. 2017; 36(2):268-74.
- Nasiri R, Meshkati Z, Nasiri S. Regular aerobic/resistance exercises and garlic extract supplementation effects in pregnancy outcome of Balb/C mice. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2017; 4(2):89-96.
- Larsen S, Danielsen JH, Søndergård SD, Sogaard D, Vigelsøe 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.
- Wormgoor SG, Dalleck LC, Zinn C, Harris NK. Effects of High-Intensity Interval Training on People Living with Type 2 Diabetes: A Narrative Review. *Can J Diabetes*. 2017; 41(5):536-47.
- Gillen JB, Percival ME, Skelly LE, Martin BJ, Tan RB, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. Three minutes of all-out intermittent exercise per week increases skeletal muscle oxidative capacity and improves cardiometabolic health. *PloS one*. 2019; 9(11):e111489.
- Tjønnå AE, Lee SJ, Rognmo Ø, Stølen TO, Bye A, Haram PM, et al. Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: a pilot study. *Circulation*. 2020; 118(4):346-54.
- Naghizadeh H, Heydari F, Pouzesh Jadidi G. The effect of 12 weeks of high-intensity interval training and curcumin consumption on glycemic index, adiponectin and lipid profile in obese men with type2 diabetes hyperlipidemia. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2023; 10(1):50-66.
- Azimidokht SMA, Mogharnasi M, Kargar Shouroki MK, Zarezade Mehrizi AA. The Effect of 8 Weeks Interval Training on Insulin Resistance and Lipid Profiles in Type 2 Diabetic Men Treated with Metformin. *Journal of Sport Biosciences*. 2015; 7(3):461-76.
- Ghafari Z, Mogharnasi M, Ghahremani R. The Effect of 6 Weeks of High Intensity Interval Training with Fenugreek Supplementation on Lipid Profile and Body Composition Indices in Overweight and Obese Women. *Armaghane Danesh*. 2023; 28(2):171-88.
- Moradi G, Ghahramani M. Investigation the effect of Moderate intensity aerobic exercise and intense periodic exercise on adiponectin serum levels and its relationship with lipid profile in overweight men. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2022; 9(2):201-12.
- Safari Mosavi SS, Mohebbi H, Rohani H. The effect of 12 weeks of continuous training at Fatmax intensity and anaerobic threshold and high intensity interval training on insulin resistance index in Pre Diabetes Patient. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2018; 5(1):53-61.
- Salimi Avansar M, Zar A. Comparing the Effect of Endurance and High Intensity Interval Trainings on Levels of Chemerin and Protein of C-reactive Plasma in Obese Children. *Journal of Arak University of Medical Sciences*. 2017; 20(2):54-66.

28. Andreato LV, Esteves JV, Coimbra DR, Moraes AJP, de Carvalho T. The influence of high-intensity interval training on anthropometric variables of adults with overweight or obesity: a systematic review and network meta-analysis. *Obes Rev*. 2019; 20(1):142-55.
29. Kazeminasab F, Sharafifard F, Mohebinejad M. Comparing the Effects of High-Intensity Interval Training and Moderate-Intensity Continuous Training on Body Composition in Adults with Overweight and Obese: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Isfahan Medical School*. 2023; 41(721):406-26.
30. Wewege M, Van den Berg R, Ward RE, Keech A. The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis. *Obes Rev*. 2017; 18(6):635-46.
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.
32. Moghadasi M TA, Zafarmand O. The effect of exercise training on adiponin, adiponillin, and insulin resistance indices in overweight and obese adult women: A Systematic Review and Meta-Analysis. *thums-jms*. 2024; 12(3):93-114.
33. Zafarmand O, Moghadasi M, Mogharnasi M. The Effect of Aerobic Training on Plasma Levels of Leptin and Adiponectin in Overweight and Obese Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-analysis. *IJEM*. 2023; 25(4):351-63.
34. Zafarmand O, Mogharnasi M, Moghadasi M. The effect of exercise training on serum levels of adipokines related to energy homeostasis (adiponin, asprosin) and insulin resistance in patients with type 2 diabetes or obesity: A Systematic review and meta-Analysis. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2024; 11(2):23-43.
35. Zafarmand o, Attarzadeh Hosseini SR. The Effect Of Aerobic training On Leptin and Acylated Ghrelin In Overweight and Obese People: A Systematic review and meta-Analysis. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2024.
36. 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. *KAUMS*. 2024; 28(1):96-109.
37. Zafarmand O, Molaei K, Mogharnasi M. Effect of Aerobic Exercise on Glycosylated Hemoglobin and Resistin in Overweight and Obese People with Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *nkums-journal*. 2025; 16(4):8-29.
38. Kazeminasab F, Hassanpour N, zafarmand o. The effect of exercise training on serum apelin levels and insulin resistance in patients with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Sabzevar University of Medical Sciences*. 2024; 31(5):759-72.
39. 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. *Journals of Birjand University of Medical Sciences*. 2024; 30(4):295-315.
40. 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.
41. Azizi R, Azizi M, Tahmasebi W, Abdollahzad H. The Effect of 8 Weeks Sodium Alginate Supplementation and High Intensity Interval Training on Lipid Profiles and Liver Enzymes in Metabolic Syndrome Women. *Payavard-Salamt*. 2022; 15(6):551-61.
42. Jafari S, Mahmoodi A, Mobseri S, Sharghi L. The Effect of Sprint Interval Training on Serum Levels of Leptin and LDL and HDL Lipoproteins in Overweight Inactive Male Adolescents. *Sport Physiology & Management Investigations*. 2016; 8(1):105-17.
43. Nasiri S, Banitalebi E, Faramarzi M. Effects of two Exercise Modalities of Sprint Interval Training and Combined Training (Strength-Aerobic) on Serum Apelin levels and Insulin Resistance in Women with Type 2 Diabetes. *Iranian Journal of Nursing Research*. 2018; 13(1):40-6.
44. Yousefzadeh H, Ravasi A, Kordi M. Effect of High Intensity Interval Training on Chemerin Serum Concentrations and Insulin Resistance of Obese young Men. *Journal of Sport Biosciences*. 2022; 14(1):1-13.
45. Racil G, Ben Ounis O, Hammouda O, Kallel A, Zouhal H, Chamari K, Amri M. Effects of high vs. moderate exercise intensity during interval training on lipids and adiponectin levels in obese young females. *Eur J Appl Physiol*. 2018; 113(10):2531-40.
46. Dolataabadi P, Amirsasan R, Vakili J. The effect of high-intensity interval training on serum Asprosin and lipid profile of overweight and obese women. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*. 2023; 11(27):22-33.
47. Khani M, Zolfi HR, Niknam Z. The effect of two-week high intensity interval training (HIIT) with Thyme supplementation on lipid profile, oxidative stress, body composition, and aerobic capacity of the obese and overweight women. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2023; 10(2):27-39.
48. Zolfi H, Shakib A, Valipour A. Effect of Eight Weeks of High-Intensity Interval Training on miR-204, Serum Glucose and Lipid Profile in Men with Prediabetes. *Scientific Magazine Yafte*. 2022; 24(2):91-105.
49. Shabkhiz F, Dalirani M, Tazeshi H. The Effect of Intense Functional Interval Training with Sour Tea (*Hibiscus sabdariffa*) Consumption on Lipid Profile and Insulin Resistance in Overweight Women. *Journal of Animal Biology*. 2023; 2(15):247-61.
50. Valipour S, Minasian V, Hovsepian S. A Comparison of the Effect of High Intensity Interval Training and School -Based Training on has-miR125a-5p, CRP and Lipid Profile of Overweight and Obese Adolescents. *Journal of Sport Biosciences*. 2020; 12(2):173-87.
51. Eslami B, Jafari A. Effects of Sucrose Consumption after High-Intensity Interval Training (HIIT) on the Plasma Levels of Irisin, Insulin, and Glucose in Overweight and Obese Women. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism*. 2020; 22(4):328-36.
52. Lal Sazegar A, Gholami M, Amani Shalamzari S. Effects of Six Week Iso-Volume Continuous and Interval Endurance Training on some Inflammatory

- and Lipid Profiles in Obese and Overweight Soldiers. *Journal of Military Medicine*. 2022; 22(4):9-17.
53. Hajinia M HA, Askari R. The effect of high-intensity interval training and high-intensity resistance training on the Lipid profile and body composition in overweight and obese men. *Journal of Torbat Heydariyeh University of Medical Sciences*. 2020; 8(3):61-74.
 54. Tartibain B SH E-TB. The effect of 12-week high-intensity interval training (HIIT) on lung function, serum leptin level and lipid profiles in inactive obese men. *Daneshvar Medicine*. 2020; 24(4):23-30.
 55. Kazemi AR RM, Dabaghzadeh R, Raisi S, Molaie S. The effect of high volume high intensity interval training on serum visfatin and vaspin, insulin resistance, lipid profile and body composition of overweight men. *Daneshvar Medicine*. 2020; 22(5):55-60.
 56. Pashaei Z, Jafari A, Alivand M. The Effect of High Intensity Interval Training on Lipid Profile and Glucose Homeostasis in Overweight / Obese Middle-Aged Women. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2020; 6(2):56-64.
 57. Azizi M, Ebrahimi A, Tahmasebi W, Hoseini R. The effect of eight weeks high intensity interval training with alginate sodium and lipid profile on PYY levels in men with metabolic syndrome. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2018; 5(1):18-27.
 58. Sañudo B, Muñoz T, Davison GW, Lopez-Lluch G, Del Pozo-Cruz J. High-Intensity Interval Training Combined with Vibration and Dietary Restriction Improves Body Composition and Blood Lipids in Obese Adults: A Randomized Trial. *Dose Response*. 2018; 16(3):1559325818797015.
 59. Allahverdi H, Minasian V. The Effect of Interval Training with Different Intensities on Plasma Levels of Orexin –A, Lipid Profile and Cardiorespiratory Endurance of Overweight and Obese Women. *Journal of Sport Biosciences*. 2019; 10(4):481-95.
 60. Khammassi M, Ouerghi N, Hadj-Taieb S, Feki M, Thivel D, Bouassida A. Impact of a 12-week high-intensity interval training without caloric restriction on body composition and lipid profile in sedentary healthy overweight/obese youth. *J Exerc Rehabil*. 2018; 14(1):118-25.
 61. Ouerghi N, Ben Fradj MK, Bezrati I, Feki M, Kaabachi N, Bouassida A. Effect of High-Intensity Interval Training on Plasma Omentin-1 Concentration in Overweight/Obese and Normal-Weight Youth. *Obes Facts*. 2017; 10(4):323-31.
 62. Zhang H, Tong T, Qiu W, Wang J, Nie J, He Y. Effect of high-intensity interval training protocol on abdominal fat reduction in overweight Chinese women: A randomized controlled trial. *Kinesiology*. 2017; 47:57-66.
 63. Soori R, Ranjbar K, Salehian O, Eslam doost M. The Effect of High Interval Intensity Training on Plasma Soluble Intercellular Adhesion Molecule -1 (sICAM-1) in Sedentary Obese Male. *Journal of Sport Biosciences*. 2019; 5(3):91-102.
 64. Peng Y, Ou Y, Wang K, Wang Z, Zheng X. The effect of low volume high-intensity interval training on metabolic and cardiorespiratory outcomes in patients with type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2022; 13:1098325.
 65. Martland R, Mondelli V, Gaughran F, Stubbs B. Can high-intensity interval training improve physical and mental health outcomes? A meta-review of 33 systematic reviews across the lifespan. *J Sports Sci*. 2020; 38(4):430-69.
 66. Williams CB, Zelt JG, Castellani LN, Little JP, Jung ME, Wright DC, et al. Changes in mechanisms proposed to mediate fat loss following an acute bout of high-intensity interval and endurance exercise. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2019; 38(12):1236-44.
 67. Keating SE, Johnson NA, Mielke GI, Coombes JS. A systematic review and meta-analysis of interval training versus moderate-intensity continuous training on body adiposity. *Obes Rev*. 2017; 18(8):943-64.
 68. Lomonaco R, Ortiz-Lopez C, Orsak B, Webb A, Hardies J, Darland C, et al. Effect of adipose tissue insulin resistance on metabolic parameters and liver histology in obese patients with nonalcoholic fatty liver disease. *Hepatology*. 2018; 55(5):1389-97.
 69. De Nardi AT, Tolves T, Lenzi TL, Signori LU, Silva A. High-intensity interval training versus continuous training on physiological and metabolic variables in prediabetes and type 2 diabetes: A meta-analysis. *Diabetes Res Clin Pract*. 2018; 137:149-59.
 70. Qorbani Ganjeh Z, Gholami M, Nikbakht H. Effect of Resistance Training with Different Intensities on Adiponectin and Lipid Profiles in Overweight Women. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2019; 8(4):47-55.
 71. Racil G, Coquart JB, Elmontassar W, Haddad M, Goebel R, Chaouachi A, et al. Greater effects of high-compared with moderate-intensity interval training on cardio-metabolic variables, blood leptin concentration and ratings of perceived exertion in obese adolescent females. *Biol Sport*. 2016; 33(2):145-52.
 72. Ferrannini E, Gastaldelli A, Iozzo P. Pathophysiology of prediabetes. *Med Clin North Am*. 2011; 95(2):327-39, vii-viii.
 73. Tabák AG, Jokela M, Akbaraly TN, Brunner EJ, Kivimäki M, Witte DR. Trajectories of glycaemia, insulin sensitivity, and insulin secretion before diagnosis of type 2 diabetes: an analysis from the Whitehall II study. *Lancet*. 2016; 373(9682):2215-21.
 74. Baigzadeh M, Hossienpour Delavar S, 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):e90906.
 75. Gholamimoghadam S, Mogharnasi M, deghani k. 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. *Journal of Police Medicine*. 2021; 10(3):149-58.
 76. Fakhri M, Siyadati S.A, Aliha M.R.M. Impact of freeze–thaw cycles on low temperature mixed mode I/II cracking properties of water saturated hot mix asphalt: An experimental study. *Journal of Construction and Building Materials*. 2020; 261: 119939.
 77. Arfi, Y., Shamshoum, M., Rogachev, I., Peleg, Y., & Bayer, E. A. (2014). Integration of bacterial lytic polysaccharide monooxygenases into designer cellulosomes promotes enhanced cellulose degradation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(25), 9109-9114.