Feyz Medical Sciences Journal
2024, Volume 28, Issue 1
Pages: 96-109
Doi: 10.48307/FMSJ.2024.28.1.98
Systematic Review and Meta-Analysis

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

Fatemeh Kazeminasab [1*], Omid Zaframand [2]

[1] Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Humanities, University of Kashan, Kashan, Iran
[2] Department of Physical Education and Sports Sciences, Faculty of Human Sciences, Yasouj University, Yasouj, Iran

[*]**Corresponding author:** Fatemeh Kazeminasab, Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Humanities, University of Kashan, Kashan, Iran
Email: fkazeminasab@kashanu.ac.ir

Accepted: 5 October 2023 **Received:** 22 January 2024 **Revised:** 22 January 2024

Abstract

Background and Aim: Lifestyle interventions, including various types of exercise, are considered beneficial in managing type 2 diabetes. This systematic review and meta-analysis aimed at comparing the effects of high-intensity interval training (HIIT) and moderate-intensity continuous training (MICT) on cardiometabolic factors in type 2 diabetes.

Methods: A systematic search of English and Farsi papers published in PubMed, Web of Science, Scopus, SID, and Magiran databases was conducted until August 2023. The search utilized keywords such as "high-intensity interval training (HIIT)", "moderate-intensity continuous exercise (MICT)", "cardiometabolic factors", and "type 2 diabetes". A meta-analysis was performed to compare the impact of HIIT and MICT training on cardiometabolic factors in type 2 diabetes. Mean differences and 95% confidence intervals (CI) were calculated using a random-effects model. Heterogeneity was assessed using the I2 test, and publication bias was evaluated through the visual analysis of funnel plots and Egger's test.

Results: Analysis of 10 studies comprising 11 sports interventions involving 271 individuals with type 2 diabetes revealed that HIIT led to a significant reduction in fasting insulin [SMD=-0.93 (-1.25 to -0.6), P=0.001], HOMA-IR [WMD=-0.73 (-1.03 to -0.43), P=0.001], and systolic blood pressure [WMD=-3.15 mmHg (-6.29 to -0.01), P=0.04] compared to MICT in patients with type 2 diabetes. However, there were no significant differences in fasting glucose [WMD=-2.91 mg/dL (-7.97 to 2.14), P=0.2], diastolic blood pressure [WMD=0.3 mmHg (-0.77 to 1.56), P=0.5], and maximum oxygen consumption [SMD=0.49 (-0.004 to 0.99), P=0.05] between HIIT and MICT exercises in patients with type 2 diabetes.

Conclusion: HIIT appears to be a favorable training method with efficient outcomes for improving cardiometabolic factors in patients with type 2 diabetes compared to MICT.

Keywords: High-intensity interval training, Moderate-intensity continuous training, Type 2 diabetes, Blood pressure

Copyright© 2023. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms. Downloaded from: http://feyz.kaums.ac.ir/

مجله علوم پزشکی فیض
دوره ۲۸، شماره ۱، فروردین و اردیبهشت ۱۴۰۳
صفحات: ۱۰۹-۹۶
Doi: 10.48307/FMSJ.2024.28.1.98
مرور نظام‌مند و فراتحلیل

مقایسه تاثیر تمرین تناوبی با شدت بالا و تمرین تداومی با شدت متوسط بر عوامل کاردیومتابولیک در بیماران دیابتی نوع دو: یک مرور نظام‌مند و فراتحلیل

فاطمه کاظمی نسب [۱*]، امید ظفرمند [۲]

[۱] گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران
[۲] کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۷/۱۳ **اصلاح مقاله:** ۱۴۰۲/۱۱/۲ **پذیرش مقاله:** ۱۴۰۲/۱۱/۲

چکیده

زمینه و هدف: تاثیرات مفید انواع تمرینات ورزشی بعنوان یکی از مداخلات سبک زندگی در مدیریت دیابت نوع دو مطرح است. هدف این مطالعه مروری نظام‌مند و فراتحلیل، مقایسه تاثیر تمرینات تناوبی با شدت بالا و تداومی با شدت متوسط بر عوامل کاردیومتابولیک در دیابت نوع دو بود.

روش‌ها: جستجوی سیستماتیک مقالات انگلیسی و فارسی منتشر شده در پایگاه‌های اطلاعاتی PubMed، Web of Science، Scopus، SID و Magiran تا آگوست سال ۲۰۲۳ انجام شد. انجام جستجو با استفاده از کلمات کلیدی " high-intensity interval training"، "moderate-intensity continuous exercise"، "cardiometabolic factors" و "type 2 diabetes" بود. فراتحلیل برای مقایسه تاثیر تمرینات تناوبی و تداومی بر عوامل کاردیومتابولیک در دیابت نوع دو انجام گرفت. تفاوت میانگین و فاصله اطمینان ۹۵٪ (CI) با استفاده از مدل اثر تصادفی محاسبه شد. ناهمگونی با استفاده از آزمون I^2 و سوگیری انتشار با تحلیل بصری فونل پلات و آزمون Egger بررسی شدند.

یافته‌ها: در مجموع ۱۰ مطالعه شامل ۱۱ مداخله ورزشی و ۲۷۱ آزمودنی مبتلا به دیابت نوع دو فراتحلیل شدند. تمرینات تناوبی سبب کاهش معنی‌دار انسولین ناشتا [P=۰/۰۰۱، (۱/۲۵- الی ۰/۶-) SMD=-۰/۹۳]، مقاومت به انسولین [P=۰/۰۰۱، (۱/۰۳- الی ۰/۴۳-) ۰/۷۳- =WMD]، فشارخون سیستولی [P=۰/۰۴، (۶/۲۹- الی ۰/۰۱-) WMD=-۳/۱۵ mmHg]، نسبت به تمرینات تداومی در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو شد. گلوکز ناشتا [P=۰/۲، (۷/۹۷- الی ۲/۱۴) WMD=-۲/۹۱mg/dL]، فشارخون دیاستولی [P=۰/۵، (۰/۷۷- الی ۱/۵۶)mmHg WMD=۰/۳] و حداکثر اکسیژن مصرفی [P=۰/۰۵، (۰/۰۰۴- الی ۰/۹۹) SMD=۰/۴۹] در تمرینات تداومی و تناوبی در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو تفاوت معنی‌داری نداشتند.

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد که تمرینات تناوبی نسبت به تمرینات تداومی، یک روش تمرینی مناسب با زمان کارآمد برای بهبود عوامل کاردیومتابولیک در بیماران مبتلا به دیابت نوع باشد.

کلیدواژه‌ها: تمرین تناوبی با شدت بالا، تمرین تداومی با شدت متوسط، دیابت نوع دو، فشار خون

*نویسنده مسئول: **فاطمه کاظمی نسب.** پست الکترونیک: fkazeminasab@kashanu.ac.ir
آدرس: گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

مقدمه

دیابت نوع دو یک بیماری متابولیکی است که بر اثر تولید ناکافی انسولین توسط سلول‌های بتا پانکراس یا بر اثر عدم پاسخ مناسب به انسولین توسط سلول‌های بدن به وجود می‌آید [۱،۲]. تخمین زده شده که بیماری دیابت از ۱۷۱ میلیون در سال ۲۰۰۰ به ۳۶۶ میلیون در سال ۲۰۳۰ خواهد رسید [۳]. بیماران مبتلا به دیابت نوع دو با اختلالات متابولیسم لیپید همراه هستند، به طوری‌که بالا رفتن سطح اسیدهای چرب پلاسما نقش عمده‌ای در افزایش مقاومت به انسولین دارد. اسیدهای چرب پلاسما با افزایش سنتز لیپوپروتئین با چگالی بسیار کم، پروتئین انتقال‌دهنده کلسترول، افزایش کلسترول تام و کاهش لیپوپروتئین با چگالی بالا باعث ایجاد دیس‌لیپیدمی در دیابت می‌گردد که این عملکرد آتروژنیک لیپوپروتئین‌ها باعث ایجاد آترواسکلروز و افزایش بیماری‌های قلبی- عروقی می‌شود [۴]. عواملی همچون سن، جنس، شاخص توده بدنی، فشار خون، سابقه خانوادگی دیابت، استرس اکسیداتیو، تری‌گلیسرید بالا و مقاومت به انسولین می‌تواند پیش‌بینی اولیه خطر ابتلا به دیابت را نشان دهد [۵]. مقاومت به انسولین اصلی‌ترین عامل ایجاد دیابت نوع دو است که به دلیل نقص در پیام‌رسانی انسولین و تغییر در بیان ژن‌های انسولین به وجود می‌آید [۶،۷]. در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو، در پاسخ به مقاومت به انسولین، سلول‌های بتا انسولین بیشتری ترشح می‌کنند که در نهایت منجر به هایپرانسولینمی و افزایش بیش از حد مقاومت به انسولین می‌شود و این روند آسیب بیشتر به سلول‌های بتا پانکراس را به دنبال دارد [۸]. در حقیقت تخریب یا اختلال پیش رونده در عملکرد سلول‌های بتا به ناتوانی در ترشح انسولین برای جبران و غلبه بر مقاومت به انسولین منجر می‌شود [۹].

تغییرات سبک زندگی از جمله رفتارهای تغذیه‌ای و انجام فعالیت بدنی نقش عمده‌ای در پیشگیری و درمان دیابت دارند. نتایج یک مطالعه، پیشرفت ۵۸ درصدی را در پیشگیری از دیابت پس از برنامه‌های مداخله‌ای نشان می‌دهد [۱۰]. شواهد قانع کننده‌ای وجود دارد که نشان می‌دهد احتمال ابتلا به دیابت در افرادی که به اندازه کافی فعالیت بدنی انجام نمی‌دهند، بیشتر است [۱۱]. معمولاً فعالیت بدنی به دلیل اثرگذاری موثر بر ترکیب بدن، آمادگی قلبی – عروقی، عملکرد فیزیکی، کنترل فشار خون، کنترل گلوکز خون و افزایش حساسیت به انسولین، به عنوان یکی از موثرترین راه‌های درمان و پیشگیری مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این حال هنوز اتفاق نظر جامعی در ارتباط با نوع، شدت و زمان ورزش مورد نیاز برای بهبود حساسیت به انسولین وجود ندارد [۱۱،۱۲]. تمرین تناوبی شدید به دلیل این که به فرد اجازه می‌دهد فعالیت با شدت بالا را برای مدت زمان طولانی‌تری انجام دهد، برای دستیابی به بهبود بیشتر در متغیرهای فیزیولوژیکی، فعالیت ایده‌آل محسوب می‌شود [۱۳،۱۴]. تمرین تناوبی شدید شامل تلاش‌های مکرر در مدت زمان‌های کوتاه تا متوسط در شدت‌های بالاتر از آستانه تهویه‌ای صورت می‌گیرد [۱۳،۱۴]. بر همین اساس، نتایج مطالعات پژوهشی اصیل نشان می‌دهد که تمرینات تناوبی شدید سبب کاهش معناداری تحمل گلوکز، انسولین و حساسیت به انسولین می‌شود [۱۵،۱۶]. همچنین نتایج مطالعات فراتحلیل، اثرات مثبت تمرینات تناوبی شدید بر بهبود تحمل گلوکز و حساسیت به انسولین را گزارش کرده‌اند [۱۷،۱۸]. در همین راستا، Peng و همکاران در یک مطالعه مرور سیستماتیک و فراتحلیل که۵۰ مطالعه را مورد بررسی قرار داده اند، تاثیر تمرین تناوبی شدید با حجم کم بر پیامدهای کاردیومتابولیک در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو را ارزیابی و گزارش کردند که تمرین تناوبی شدید سبب بهبود گلوکز ناشتا، انسولین و مقاومت به انسولین در افراد دیابتی شد [۱۷]. همچنین در مطالعه فراتحلیل دیگر با ۵ مطالعه نشان داد که تمرین تناوبی شدید سبب تنظیم گلوکز ناشتا و مقاومت به انسولین در افراد دیابتی نوع دو می‌شود [۱۸]. از سویی دیگر، تمرینات تداومی با شدت متوسط باعث افزایش ظرفیت سوخت و ساز، بهبود سیستم هوازی، افزایش کارایی ورزشی و متابولیسم انرژی می‌شود [۱۹]. همچنین نتایج مطالعات پژوهشی نشان می‌دهد که تمرینات تداومی با شدت متوسط سبب بهبود حساسیت به انسولین می‌گردد [۱۵،۲۰].

با توجه به این‌که تمرین ورزشی یکی از مداخلات اصلی و مهم در مدیریت چاقی، بیماری‌های قلبی-عروقی و دیابت است، انتخاب بهترین پروتکل ورزشی برای مدیریت دیابت و عوارض آن حائز اهمیت است. بنابراین هدف مطالعه مرور نظام‌مند و فراتحلیل حاضر مقایسه اثر تمرین تناوبی شدید و تداومی با شدت متوسط بر عوامل کاردیومتابولیک در بیماران دیابت نوع دو بود.

روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع مطالعات مرور نظام‌مند و فراتحلیل است که براساس دستورالعمل کاکرین و پریزما انجام شد. مطالعه فراتحلیل حاضر در سایت PROSPER با کد شناسایی CRD42023479039 ثبت بین المللی گردید.

روش بررسی مطالعات

برای استخراج مقالات، جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی PubMed، Web of Science و Scopus تا آگوست ۲۰۲۳ (بدون محدود کردن سال انتشار) برای مقالات انگلیسی با استفاده از کلمات کلیدی زیر انجام گرفت.

"High-intensity interval training"، "Moderate-intensity continuous exercise"، "Cardiometabolic factors"، "Blood sugar"، "Fasting glucose"، "Fasting insulin"، "Insulin resistance"، "Insulin sensitivity"، "Vo2max"، "blood pressure"، "Diastolic blood pressure"، "Systolic blood pressure"، "Hypertension" و "Type 2 diabetes" دستور جستجو در پایگاه‌های PubMed

و Web of Science در جدول ضمیمه ۱ اشاره شده است. همچنین جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID) و Magiran برای مقالات فارسی تا مرداد ۱۴۰۲ با استفاده از کلمات کلیدی"تمرین تناوبی (تمرین اینتروال)"، تمرین تداومی"، "عوامل کاردیومتابولیک"، "قند خون"، "گلوکز خون"، "انسولین ناشتا"، "مقاومت به انسولین"، "حساسیت به انسولین"، "حداکثر اکسیژن مصرفی"، "فشار خون"، "پرفشار خونی"، "فشار خون سیستولی"، "فشار خون دیاستولی" و "بیماران 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. جستجو پایگاه‌های اطلاعاتی به صورت مستقل توسط دو محقق انجام شد.

معیارهای ورود و خروج از پژوهش

برای انجام پژوهش فراتحلیل، مقالات با مشخصات زیر وارد مطالعه شدند: ۱- مطالعات کارآزمایی بالینی تصادفی منتشر شده به زبان فارسی یا انگلیسی. ۲- مطالعات انجام شده در افراد دیابتی نوع دو. ۳- مطالعات بررسی کننده اثر تمرین تناوبی شدید در برابر گروه تمرینات تداومی با شدت متوسط. ۴- مطالعات اندازه‌گیری کننده عوامل کاردیومتابولیک از جمله (گلوکز ناشتا، انسولین، مقاومت به انسولین، فشار خون سیستولی، فشار خون دیاستولی و حداکثر اکسیژن مصرفی). ۵- دارا بودن داده‌های میانگین و انحراف استاندارد برای پس آزمون و پیش آزمون متغیرهای مذکور برای آزمودنی‌های هر دو نوع تمرین تناوبی با شدت بالا و تمرین تداومی با شدت متوسط. معیارهای خروج شامل مطالعات حیوانی، چکیده مقالات ارائه شده در همایش‌ها، پایان‌نامه‌ها، مطالعات مقطعی (Crossover)، مطالعات مروری (Review) و مطالعات فراتحلیل (Meta-analysis) بود. لازم به ذکر است به دلیل تعداد بسیار کم مطالعات مقطعی، این نوع مطالعات از پژوهش حاضر حذف شدند. همچنین مطالعاتی که اثر تمرین تناوبی با شدت بالا یا تمرین تناوبی با شدت متوسط را با گروه کنترل (بدون انجام تمرین ورزشی) را بررسی کرده بودند، از پژوهش فراتحلیل حاضر خارج شدند. بررسی اولیه مقالات به صورت مستقل توسط هر دو محقق انجام گرفت و هرگونه اختلاف‌نظر با مشورت هر دو محقق حل و فصل شد.

استخراج داده‌ها

پس از بررسی جامع تمام مقالات، اطلاعات کامل مقالات، داده‌های پیش آزمون و پس آزمون عوامل کاردیومتابولیک از جمله (گلوکز ناشتا، انسولین ناشتا، مقاومت به انسولین، فشارخون سیستولی، فشارخون دیاستولی و حداکثر اکسیژن مصرفی) توسط هر دو محقق به‌طور مستقل استخراج شد و هرگونه اختلاف نظر با مشورت هر دو محقق مورد بررسی قرار گرفت و در انتها تصمیم نهایی بین هر دو محقق اتخاذ شد. اطلاعات مربوط به نوع مطالعه، نام نویسنده اول، سال انتشار، تصادفی یا غیرتصادفی بودن، تعداد نمونه، کیفیت مطالعه، ویژگی‌های آزمودنی‌ها شامل سن، جنسیت و پروتکل تمرین (نوع مداخله، طول مداخله، تعداد جلسات در هفته و شدت تمرین) استخراج شد. در صورت نبود وجود داده‌های کافی برای انجام فراتحلیل، از طریق ایمیل با نویسنده مسئول مکاتبه صورت گرفت و داده‌های مورد نیاز مطالعه فراتحلیل حاضر دریافت شد. همچنین در صورت عدم پاسخگویی یا عدم دریافت از سوی نویسنده مسئول مقاله، استخراج داده‌ها از نمودار مقالات با استفاده از نرم افزار getdata یا تخمین انحراف استاندارد از خطای استاندارد میانگین صورت گرفت. با استفاده از حاصلضرب خطای استاندارد میانگین و مجذور تعداد آزمودنی‌ها در گروه، انحراف استاندارد تخمین زده شد [۲۱،۲۲].

بررسی کیفیت مقالات

بررسی کیفیت مقالات نیز توسط هر دو محقق به‌طور مستقل انجام شد. ارزیابی کیفیت مطالعات با استفاده از چک لیست ۹ سوالی پدرو انجام شد. لازم به ذکر است در مطالعات مرور نظام‌مند و فراتحلیل، چک لیست پدرو یک ابزار معتبر برای بررسی کیفیت مطالعات پژوهشی اصیل به کار می‌رود [۲۱،۲۳]. معیارهای ارزیابی شامل موارد زیر می‌باشد: ۱- مشخص بودن ضوابط واجد شرایط بودن آزمودنی‌ها، ۲- اختصاص شرکت کنندگان به‌طور تصادفی به گروه‌های مختلف، ۳- آشنایی نداشتن شرکت کنندگان نسبت به گروه بندی‌ها، ۴- یکسان بودن آزمودنی‌ها از نظر وزن بدن در گروه‌های 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 (Intention to treat (ITT، ۸- وجود گزارش تفاوت‌های آماری بین گروه‌ها برای متغیر اصلی پژوهش، ۹- وجود گزارش میانگین، انحراف معیار و میزان معناداری (P). به تمام سوالات چک لیست پدرو، با دو گزینه‌ی بله ✓ و یا خیر × پاسخ داده شد. امتیاز حداقل ۰ و حداکثر ۹ بود، که در آن ارزش عددی بالاتر، نمایانگر کیفیت بالاتر مطالعه بود (جدول ۲).

فراتحلیل

مطالعه فراتحلیل حاضر برای تعیین مقایسه اثر تمرین تناوبی شدید و تداومی متوسط با شدت متوسط بر عوامل کاردیومتابولیک (گلوکز، انسولین ناشتا، شاخص مقاومت به انسولین، فشار خون سیستولی و دیاستولی و حداکثر اکسیژن مصرفی) در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو انجام گرفت. در این مطالعه، برای انجام تجزیه و تحلیل آماری از میانگین، انحراف استاندارد پیش آزمون و پس آزمون و حجم نمونه استفاده گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از مدل اثر تصادفی انجام شد و تفاوت میانگین و فاصله اطمینان ۹۵٪ در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است برای گزارش اندازه اثر برای متغیرهای با واحدهای اندازه‌گیری متفاوت

(انسولین ناشتا و حداکثر اکسیژن مصرفی) از تفاوت میانگین استاندارد شده (SMD) و برای متغیرهای با واحدهای اندازه‌گیری یکسان (گلوکز ناشتا، شاخص مقاومت به انسولین، فشار خون سیستولی و دیاستولی) از تفاوت میانگین وزنی (WMD) استفاده شد. برای تعیین عدم تجانس (ناهمگونی) مطالعات از آزمون (I^2) استفاده شد که طبق دستورالعمل کوکران مقدار ناهمگونی به ترتیب کمتر از ۲۵٪=ناهمگونی خفیف، ۲۵-۵۰٪=ناهمگونی خفیف، ۵۰-۷۵٪= ناهمگونی متوسط، بیشتر از ۷۵٪=ناهمگونی بالا تفسیر شد [۲۱]. لازم به ذکر است برای تحلیل داده‌ها از مدل اثر تصادفی استفاده شد. در صورت عدم ناهمگونی در ادامه تحلیل حساسیت از طریق روش یک به یک مطالعات با لحاظ کردن (I^2) 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 تعیین‌کننده ثانویه استفاده شد که در آن سطح معنی‌داری برابر با ۰/۱ به عنوان سوگیری انتشار معنی‌دار در نظر گرفته شد [۲۴].

نتایج

بر اساس جستجو در پایگاه‌های اطلاعات علمی تا آگوست ۲۰۲۳، تعداد ۳۱۰ مقاله یافت شد. پس از حذف مقالات تکراری (۱۲۶ مقاله)، و پس از بررسی عناوین و چکیده مقالات، در نهایت ۲۴ مقاله برای ارزیابی متن کامل انتخاب شد که پس از بررسی متن کامل مقالات، ۱۴ مقاله از مطالعه حاضر خارج شدند. ۶ مطالعه به دلیل عدم ارایه داده پس آزمون، ۲ مطالعه با اندازه اثر بالا، ۵ مطالعه به دلیل عدم وجود مداخله تمرین تناوبی شدید و تمرین تداومی با شدت متوسط از مطالعه حاضر خارج شدند. ۲ مطالعه فارسی [۱۶, ۲۵] و یک مطالعه انگلیسی [۲۶] به دلیل دارا بودن اندازه اثر بالا حذف شدند. در نهایت، ۱۰ مطالعه وارد فراتحلیل شدند (شکل ۱). ۱۰ مطالعه برای متغیر گلوکز ناشتا [۱۵, ۲۰, ۳۳-۲۷]، شش مطالعه برای متغیر انسولین ناشتا [۱۵, ۲۰, ۲۸, ۲۹, ۳۱, ۳۴]، پنج مطالعه برای مقاومت به انسولین [۱۵, ۲۰, ۲۹, ۳۳, ۳۴]، شش مطالعه برای فشارخون سیستولی [۲۷-۲۹, ۳۱, ۳۴]، شش مطالعه برای فشار خون دیاستولی [۲۷-۲۹, ۳۱, ۳۴] و سه مطالعه برای حداکثر اکسیژن مصرفی [۲۷،۲۸] وجود داشتند.

ویژگی آزمودنی‌ها

۲۷۱ آزمودنی وارد مطالعه فراتحلیل حاضر شدند که همه شرکت کنندگان، بیماران دیابتی نوع دو بودند [۱۵،۲۰, ۲۷-۳۴]. ۱۴۵ آزمودنی با میانگین سنی ۵۰±۶۸/۲ سال در گروه تمرین تناوبی شدید و ۱۲۶ آزمودنی با میانگین سنی ۳۸/۵۸±۷۰/۱ سال در گروه تمرین تداومی با شدت متوسط حضور داشتند. همه شرکت‌کنندگان پیش از شروع پروتکل ورزشی غیرفعال بودند (جدول ۱). تعداد آزمودنی‌های مطالعات در محدوده ۱۵ [۳۴] و ۴۴ نفر [۲۷] بود.

ویژگی پروتکل‌های تمرین

۱۰ مطالعه (با ۱۱ مداخله) وارد مطالعه فراتحلیل حاضر شدند [۲۷]. در یکی از مطالعات، دو نوع تمرین تناوبی شدید و تمرین تداومی اعمال شده بود. حداقل مدت هر جلسه برای تمرینات تناوبی از ۲۰ تا ۴۰ دقیقه و برای تمرینات تداومی از ۲۴ تا ۶۰ دقیقه بود. شدت تمرین برای تمرینات تناوبی از ۴۰ تا ۱۰۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی و برای تمرینات تداومی ۴۰ تا ۷۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی بود.

سوگیری انتشار

نتیجه تست آزمون (Egger) نشان‌دهنده عدم وجود سوگیری انتشار معنی‌دار برای گلوکز ناشتا (P=۰/۸)، انسولین ناشتا (P=۰/۰۹)، مقاومت به انسولین (P=۰/۸)، فشار خون سیستولی (P=۰/۲)، فشار خون دیاستولی (P=۰/۵) و حداکثر اکسیژن مصرفی (P=۰/۱) بود.

کیفیت مطالعات

نتایج بررسی کیفیت مقالات با استفاده از چک لیست پدرو نشان داد که حداقل امتیاز کیفیت مقالات ۷ و حداکثر امتیاز ۸ بود (جدول ۲).

نتایج فراتحلیل

تحلیل اصلی

گلوکز ناشتا: تجزیه و تحلیل داده‌های ۱۰ مداخله نشان داد که تمرین تناوبی شدید سبب کاهش غیرمعنادار گلوکز ناشتا [WMD=-۲/۹۱mg/dL (۲/۱۴ الی -۷/۹۷)، P=۰/۲] نسبت به تمرینات تداومی با شدت متوسط در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو شد (شکل ۲). نتایج آزمون I2 نشان دهنده عدم ناهمگونی در بین مطالعات بود (P=۰/۱، I2=۳۲/۱۵).

انسولین ناشتا: تجزیه و تحلیل داده‌های ۶ مداخله نشان داد که تمرین تناوبی شدید سبب کاهش معنادار انسولین ناشتا [SMD=-۰/۹۳ (-۰/۶ الی -۱/۲۵)، P=۰/۰۰۱] نسبت به تمرینات تداومی با شدت متوسط در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو شد (شکل ۳). نتایج آزمون I2 نشان دهنده عدم ناهمگونی در بین مطالعات بود (P=۰/۴، I2=۰/۰۰).

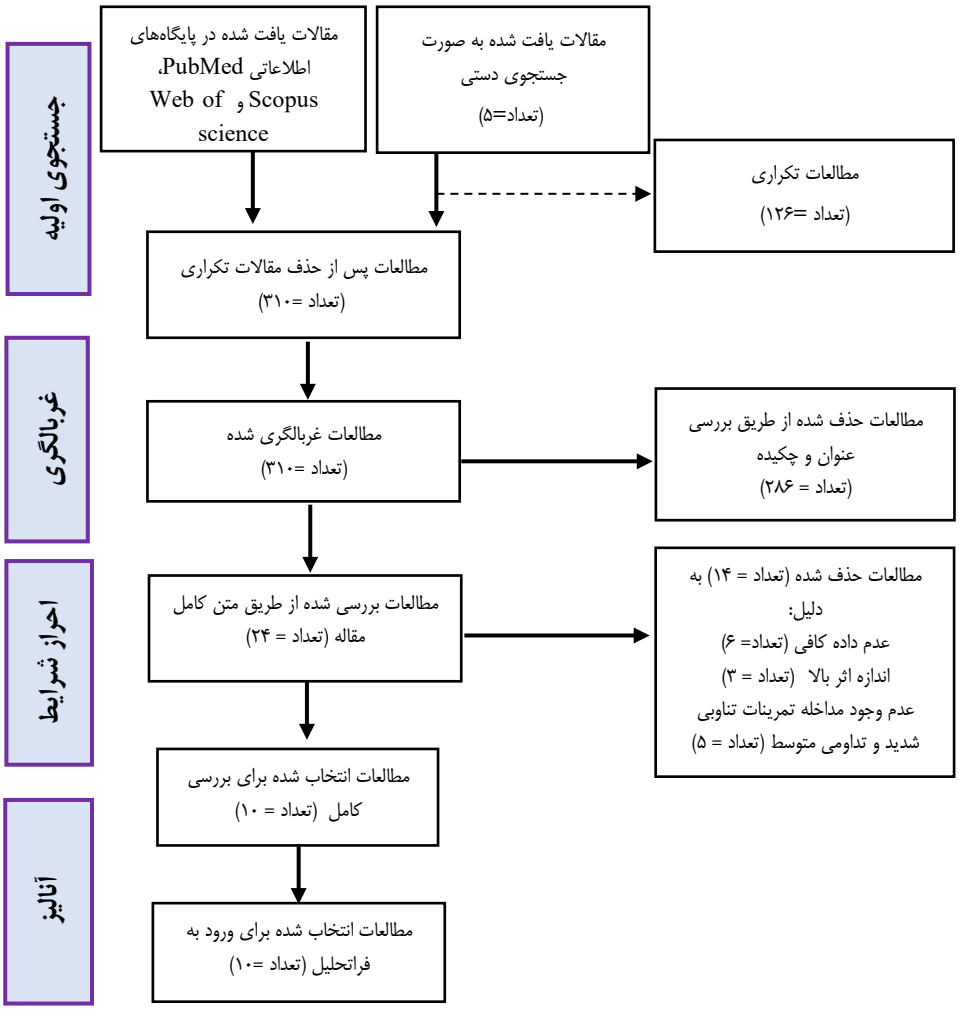
شاخص مقاومت به انسولین: تجزیه و تحلیل داده‌های ۵ مداخله نشان داد که تمرین تناوبی شدید سبب کاهش معنادار مقاومت به انسولین [WMD=-۰/۷۳ (-۰/۴۳ الی -۱/۰۳)، P=۰/۰۰۱] نسبت به تمرینات تداومی با شدت متوسط در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو شد (شکل ۴). نتایج آزمون I2 نشان دهنده عدم ناهمگونی در بین مطالعات بود (P=۰/۵، I2=۰/۰۰).

فشارخون سیستولی: تجزیه و تحلیل داده‌های ۶ مداخله نشان داد که تمرین تناوبی شدید سبب کاهش معنادار فشارخون سیستولی [WMD=-۳/۱۵ mmHg (-۰/۰۱ الی -۶/۲۹)، P=۰/۰۴] نسبت به تمرینات تداومی با شدت متوسط در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو شد (شکل ۵). نتایج آزمون I2 نشان دهنده

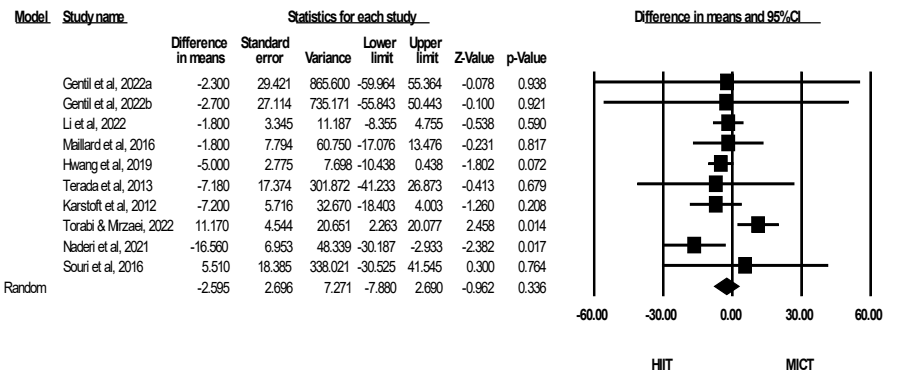
وجود ناهمگونی در بین مطالعات بود (P=۰/۰۲، I2=۶۱/۴۹).

فشارخون دیاستولی: تجزیه و تحلیل داده‌های ۶ مداخله نشان داد که تمرین تناوبی شدید سبب تغییر معنادار فشارخون دیاستولی [P=۰/۵، (۰/۷۷- الی ۱/۵۶) mmHg ۰/۳= WMD] نسبت به تمرینات تداومی با شدت متوسط در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو نشد (شکل ۶). نتایج آزمون I^2 نشان‌دهنده عدم ناهمگونی در بین مطالعات بود (P=۰/۲، I^2=۳۱/۰۹).

حداکثر اکسیژن مصرفی: تجزیه و تحلیل داده‌های ۳ مداخله نشان داد که تمرین تناوبی شدید سبب افزایش معنادار حداکثر اکسیژن مصرفی [P=۰/۰۵، (۰/۰۰۴- الی ۰/۹۹) SMD=۰/۴۹] نسبت به تمرینات تداومی با شدت متوسط در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو شد (شکل ۷). نتایج آزمون I2 نشان‌دهنده عدم ناهمگونی در بین مطالعات بود (P=۰/۸، I^2=۰/۰۰).

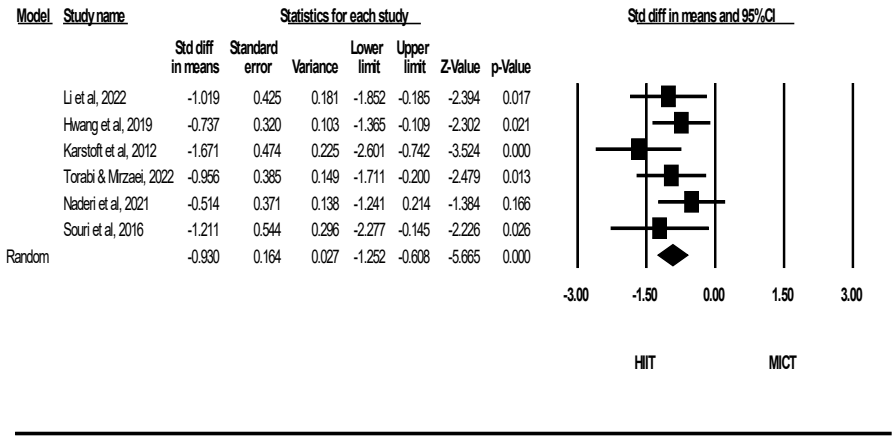


شکل ۱. فلوچارت انتخاب مطالعات براساس پریزما (PRISMA)



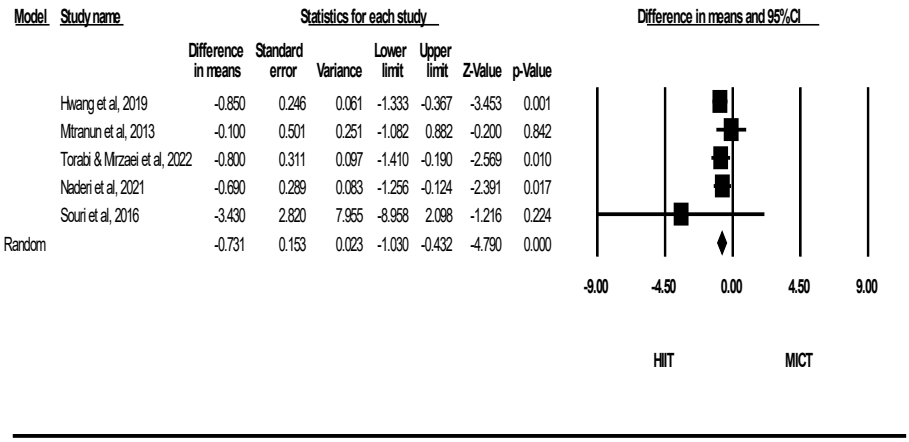
Model	Study name	Difference in means	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value
	Gentil et al, 2022a	-2.300	29.421	865.600	-59.964	55.364	-0.078	0.938
	Gentil et al, 2022b	-2.700	27.114	735.171	-55.843	50.443	-0.100	0.921
	Li et al, 2022	-1.800	3.345	11.187	-8.355	4.755	-0.538	0.590
	Maillard et al, 2016	-1.800	7.794	60.750	-17.076	13.476	-0.231	0.817
	Hwang et al, 2019	-5.000	2.775	7.698	-10.438	0.438	-1.802	0.072
	Terada et al, 2013	-7.180	17.374	301.872	-41.233	26.873	-0.413	0.679
	Karstoft et al, 2012	-7.200	5.716	32.670	-18.403	4.003	-1.260	0.208
	Torabi & Mrzaei, 2022	11.170	4.544	20.651	2.263	20.077	2.458	0.014
	Naderi et al, 2021	-16.560	6.953	48.339	-30.187	-2.933	-2.382	0.017
	Souri et al, 2016	5.510	18.385	338.021	-30.525	41.545	0.300	0.764
Random		-2.595	2.696	7.271	-7.880	2.690	-0.962	0.336

شکل ۲. نمودار انباشت (Forest plot). مقایسه اثر تمرینات تناوبی با شدت بالا و تداومی با شدت متوسط بر بر میزان گلوکز ناشتا در بیماران دیابت نوع دو



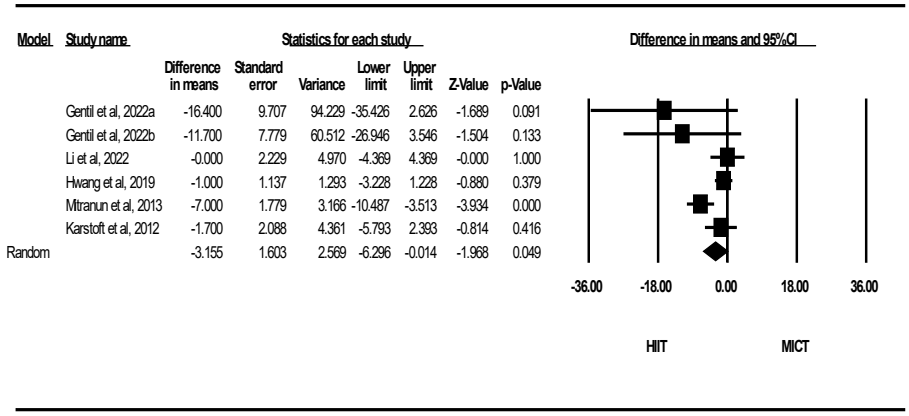
Model	Study name	Std diff in means	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value
	Li et al, 2022	-1.019	0.425	0.181	-1.852	-0.185	-2.394	0.017
	Hwang et al, 2019	-0.737	0.320	0.103	-1.365	-0.109	-2.302	0.021
	Karstoft et al, 2012	-1.671	0.474	0.225	-2.601	-0.742	-3.524	0.000
	Torabi & Mirzaei, 2022	-0.956	0.385	0.149	-1.711	-0.200	-2.479	0.013
	Naderi et al, 2021	-0.514	0.371	0.138	-1.241	0.214	-1.384	0.166
	Souri et al, 2016	-1.211	0.544	0.296	-2.277	-0.145	-2.226	0.026
Random		-0.930	0.164	0.027	-1.252	-0.608	-5.665	0.000

شکل ۳. نمودار انباشت (Forest plot). مقایسه اثر تمرینات تناوبی با شدت بالا و تداومی با شدت متوسط بر میزان انسولین ناشتا در بیماران دیابت نوع دو



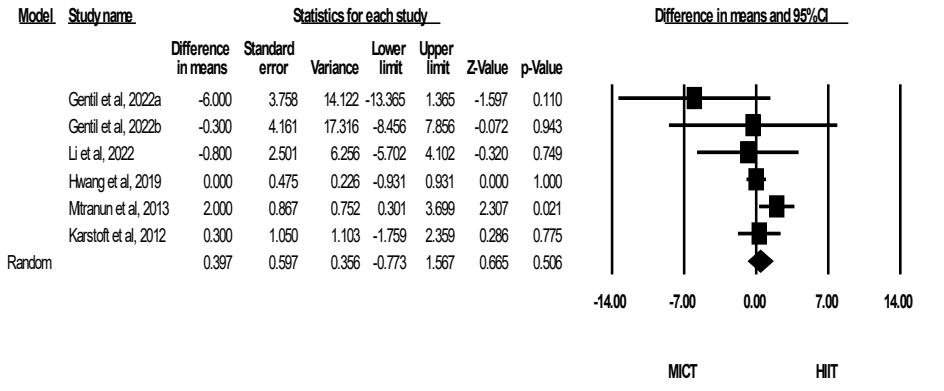
Model	Study name	Difference in means	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value
	Hwang et al, 2019	-0.850	0.246	0.061	-1.333	-0.367	-3.453	0.001
	Mitranun et al, 2013	-0.100	0.501	0.251	-1.082	0.882	-0.200	0.842
	Torabi & Mirzaei et al, 2022	-0.800	0.311	0.097	-1.410	-0.190	-2.569	0.010
	Naderi et al, 2021	-0.690	0.289	0.083	-1.256	-0.124	-2.391	0.017
	Souri et al, 2016	-3.430	2.820	7.955	-8.958	2.098	-1.216	0.224
Random		-0.731	0.153	0.023	-1.030	-0.432	-4.790	0.000

شکل ۴. نمودار انباشت (Forest plot). مقایسه اثر تمرینات تناوبی با شدت بالا و تداومی با شدت متوسط بر شاخص مقاومت به انسولین در بیماران دیابت نوع دو

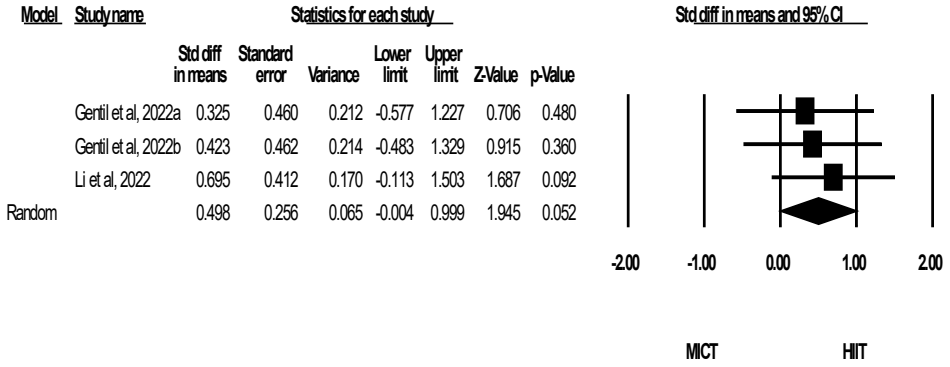


Model	Study name	Difference in means	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value
	Gentil et al, 2022a	-16.400	9.707	94.229	-35.426	2.626	-1.689	0.091
	Gentil et al, 2022b	-11.700	7.779	60.512	-26.946	3.546	-1.504	0.133
	Li et al, 2022	-0.000	2.229	4.970	-4.369	4.369	-0.000	1.000
	Hwang et al, 2019	-1.000	1.137	1.293	-3.228	1.228	-0.880	0.379
	Mitranun et al, 2013	-7.000	1.779	3.166	-10.487	-3.513	-3.934	0.000
	Karstoft et al, 2012	-1.700	2.088	4.361	-5.793	2.393	-0.814	0.416
Random		-3.155	1.603	2.569	-6.296	-0.014	-1.968	0.049

شکل ۵. نمودار انباشت (Forest plot). مقایسه اثر تمرینات تناوبی با شدت بالا و تداومی با شدت متوسط بر فشار خون سیستولی در بیماران دیابت نوع دو



شکل ۶. نمودار انباشت (Forest plot). مقایسه اثر تمرینات تناوبی با شدت بالا و تداومی با شدت متوسط بر فشارخون دیاستولی در بیماران دیابت نوع دو



شکل ۷. نمودار انباشت (Forest plot). مقایسه اثر تمرینات تناوبی با شدت بالا و تداومی با شدت متوسط برحداکثر اکسیژن مصرفی دربیماران دیابت نوع۲

بحث

زخم فشاری یکی از شایع‌ترین و پرهزینه‌ترین عوارض بعد از جراحی می‌باشد که به عنوان یک مشکل عمده مراقبتی در سراسر جهان مطرح است. زخم فشاری شامل آسیب موضعی پوست یا بافت‌های زیرین است که معمولاً در محل برجستگی‌های استخوانی و در نتیجه فشار یا ترکیبی از فشار و نیروهای کششی ایجاد می‌شود و از نظر اندازه و شدت لایه‌های بافتی درگیر متفاوت است و دامنه آن از اریتم پوستی تا آسیب به عضله و استخوان متغیر است و با عوارض جدی از جمله افزایش طول مدت بستری در بیمارستان، افزایش مرگ و میر بیماران همراه است. هدف پژوهش فراتحلیل حاضر، مقایسه اثر تمرین تناوبی با شدت بالا و تمرین تداومی با شدت متوسط بر عوامل کاردیومتابولیک در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو بود. نتایج ۱۰ مطالعه با ۲۷۱ آزمودنی حاکی از این بود که تمرین تناوبی شدید نسبت به تمرینات تداومی با شدت متوسط، سبب کاهش معنادار انسولین، مقاومت به انسولین و فشار خون سیستولی در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو شد. همچنین تمرین تناوبی شدید سبب کاهش گلوکز ناشتا (نزدیک به سطح معناداری، P<۰/۲) و افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی (نزدیک به سطح معناداری، P<۰/۰۵) نسبت به تمرینات تداومی با شدت متوسط در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو گردید، اما سبب تغییر معنادار فشار خون دیاستولی نشد. تمرینات تناوبی شدید یکی از بهترین روش‌های تمرینی برای چربی‌سوزی و بهبود عوامل قلبی تنفسی است. تمرین تناوبی شدید تکنیک تمرینی بسیار مؤثری برای کاهش چربی بدن و افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی است. طبق یافته‌های این پژوهش، تمرینات تمرین تناوبی شدید نسبت به تمرینات طولانی مدت، دارای مزایای سلامتی بیشتر برای بهبود عوامل کاردیومتابولیک است. به نظر می‌رسد تمرین تناوبی شدید یک جایگزین مناسب و موثر برای تمرینات تداومی با شدت متوسط باشد و بیماران دیابتی بتوانند از فواید تمرینات تناوبی مشابه تمرینات تداومی طولانی مدت برای بهبود شاخص‌های گلایسمی، کاهش فشارخون و افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی استفاده کنند. در مطالعات پیشین گزارش شده که تمرین تناوبی شدید یک برنامه تمرینی مناسب برای افزایش استقامت قلبی-تنفسی، افزایش آمادگی جسمانی، تنظیم قند خون، مقاومت به انسولین، کاهش فشارخون و افزایش توده عضلانی است [۱۸،۳۵].

جدول ۱. ویژگی مطالعات (آزمودنی‌ها و پروتکل ورزشی)

مطالعه – سال	نوع مطالعه- کشور	نمونه (جنسیت)	ویژگی های آزمودنی‌ها	متغیرها	سن (سال) انحراف استاندارد ± میانگین	شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع) انحراف استاندارد ± میانگین	طول مداخله به هفته (تعداد جلسات در هفته)	مدت تمرین (دقیقه)	شدت تمرین
کارستوفت و همکاران ۲۰۱۲ [۳۱]	RCT – دانمارک	۲۴ زن و مرد	دیابتی نوع ۲	قشار خون سیستولی فشار خون دیاستولی گلوکز ناشتا انسولین	تمرین HIIT (۱۲ نفر): ۵۷/۵ ± ۲/۴ تمرین MICT (۱۲ نفر): ۶۰/۸ ± ۲/۲	تمرین HIIT : ۲۹/۰ ± ۱/۳ تمرین MICT : ۲۹/۹ ± ۱/۶	۱۶ (۵)	تمرین HIIT : ۳۲ دقیقه تمرین MICT : ۶۰ دقیقه	تمرین HIIT : ۹۰٪ vo2max تمرین MICT : ۷۰٪ vo2max
ترادا و همکاران ۲۰۱۳ [۳۴]	RCT – کانادا	۱۵ زن و مرد	دیابتی نوع ۲	گلوکز ناشتا	تمرین HIIT (۸ نفر): ۶۱/۲ ± ۱۰/۱ تمرین MICT (۷ نفر): ۷۰/۱ ± ۶/۸	تمرین HIIT : ۲۸/۴ ± ۱/۴ تمرین MICT : ۳۳/۱ ± ۴/۵	۱۲ (۵)	تمرین HIIT : ۴۰ دقیقه تمرین MICT : ۶۰ دقیقه	تمرین HIIT : ۴۰ تا ۱۰۰٪ vo2max تمرین MICT : ۵۰ تا ۶۵٪ vo2max
میترنون و همکاران ۲۰۱۳ [۳۲]	RCT – تایلند	۲۹ زن و مرد	دیابتی نوع ۲	قشار خون سیستولی فشار خون دیاستولی انسولین مقاومت به انسولین	تمرین HIIT (۱۴ نفر): ۶۱/۲ ± ۲/۴ تمرین MICT (۱۵ نفر): ۶۰/۹ ± ۲/۴	تمرین HIIT : ۲۹/۶ ± ۰/۵ تمرین MICT : ۲۹/۷ ± ۰/۴	۱۲ (۳)	تمرین HIIT : ۳۰ دقیقه تمرین MICT : ۴۰ دقیقه	تمرین HIIT : ۵۵ تا ۶۰٪ vo2max تمرین MICT : ۵۰٪ vo2max
میلارد و همکاران ۲۰۱۶ [۳۰]	RCT – فرانسه	۱۶ زن	یائسه مبتلا به دیابتی نوع ۲	گلوکز ناشتا	تمرین HIIT (۸ نفر): ۶۸/۲ ± ۱/۹ تمرین MICT (۸ نفر): ۷۰/۱ ± ۲/۴	تمرین HIIT : ۳۲/۶ ± ۱/۷ تمرین MICT : ۲۹/۷ ± ۱/۲	۱۶ (۲)	تمرین HIIT : ۲۰ دقیقه تمرین MICT : ۶۰ دقیقه	تمرین HIIT : ۷۷ تا ۸۵٪ vo2max تمرین MICT : ۵۵ تا ۶۰٪ vo2max
سوری و همکاران ۲۰۱۶ [۲۰]	RCT- ایران	۱۶ زن	میانسال و مبتلا به دیابتی نوع ۲	گلوکز ناشتا انسولین مقاومت به انسولین	تمرین HIIT (۸ نفر): ۴۱/۸ ± ۳/۴۵ تمرین MICT (۸ نفر): ۴۱/۸ ± ۳/۴۵	تمرین HIIT : ۲۹/۴۲ ± ۳/۱۱ تمرین MICT : ۳۰/۳۳ ± ۳/۹۰	۱۶ (۳)	تمرین HIIT : ۴۰ دقیقه تمرین MICT : ۵۰ دقیقه	تمرین HIIT : ۲ ست با ۲ تا ۵ تکرار به مدت ۳۰ ثانیه تا ۴ دقیقه با ۷۵ تا ۹۰٪ vo2max و استراحت ۱ دقیقه و ۳۰ ثانیه‌ای با ۳۰ تا ۳۵٪ vo2max تمرین MICT : ۴۰ تا ۵۵٪ vo2max
هوانگ و همکاران ۲۰۱۹ [۲۹]	RCT – آمریکا	۴۲ زن و مرد	میانسال و مسن مبتلا به دیابت نوع دو	قشار خون سیستولی فشار خون دیاستولی گلوکز ناشتا انسولین مقاومت به انسولین	تمرین HIIT (۲۳ نفر): ۶۵ ± ۲ تمرین MICT (۱۹ نفر): ۶۲ ± ۲	تمرین HIIT : ۳۱/۷ ± ۱/۳ تمرین MICT : ۳۱/۷ ± ۱/۴	۸ (۴)	تمرین HIIT : ۴۰ دقیقه تمرین MICT : ۴۷ دقیقه	تمرین HIIT : ۷۰ تا ۹۰٪ MHR تمرین MICT : ۶۵ تا ۷۵٪ MHR

نادری و همکاران ۲۰۲۱ [۱۵]	RCT- ایران	۳۰ زن	دیابتی نوع ۲	گلوکز ناشتا انسولین مقاومت به انسولین	تمرین HIIT (۱۵ نفر): ۳۸/۳۳ ± ۲/۵۰ تمرین MICT (۱۵ نفر): ۳۸/۵۸ ± ۳/۳۸	تمرین HIIT : ۲۸/۳۲ ± ۱/۶۳ تمرین MICT : ۲۷/۹۸ ± ۱/۳۲	۱۲ (۳)	تمرین HIIT : ۴۰ دقیقه تمرین MICT : ۴۵ دقیقه	تمرین HIIT :۴ تا ۱۰ تکرار به مدت۶۰ ثانیه با ۴۵ تا ۵۰٪ vo2max و استراحت ۱ دقیقه‌ای تمرین MICT :۵۰ vo2max، تمرینات تناوبی با ۷۰٪ vo2max ، ۱۲۰ ثانیه سرد کردن با ۵۰٪vo2max
لی و همکاران ۲۰۲۲ [۲۸]	RCT - چین	۲۵ مرد	دیابتی نوع ۲	قشار خون سیستولی فشار خون دیاستولی گلوکز ناشتا انسولین حداکثر اکسیژن مصرفی	تمرین HIIT (۱۲ نفر): ۳۸ ± ۶ تمرین MICT (۱۳ نفر): ۳۹ ± ۵	تمرین HIIT : ۲۷/۳۸ ± ۵/۵۳ تمرین MICT : ۲۶/۷۵ ± ۴/۲۰	۱۲ (۵)	تمرین HIIT : ۱۵ دقیقه تمرین MICT : ۳۰ دقیقه	تمرین HIIT : ۸۰ تا ۹۵٪ vo2max تمرین MICT : ۵۰ تا ۷۰٪ vo2max
ترابی و میرزایی ۲۰۲۲ [۳۳]	RCT- ایران	۳۰ مرد	دیابتی نوع ۲	گلوکز ناشتا انسولین مقاومت به انسولین	تمرین HIIT (۱۵ نفر): ۴۵/۹ ± ۴/۲ تمرین MICT (۱۵ نفر): ۴۵/۹ ± ۴/۲	تمرین HIIT : ۳۰/۲۶ ± ۱/۲۸ تمرین MICT : ۳۰/۵۳ ± ۱/۳۰	۱۲ (۳)	تمرین HIIT : ۳۱ دقیقه تمرین MICT : ۴۷ دقیقه	تمرین HIIT : ۴ تناوب ۴ دقیقه‌ای با ۸۵ تا ۹۵٪ vo2max و با تناوب‌های ۳ دقیقه استراحت با ۵۰ تا ۷۰٪ vo2max تمرین MICT : ۶۰ تا ۷۰٪ vo2max
گینتل و همکاران ۲۰۲۳ [۲۷]	RCT - برزیل	۴۴ زن و مرد	دیابتی نوع ۲	فشار خون سیستولی فشار خون دیاستولی گلوکز ناشتا حداکثر اکسیژن مصرفی	تمرین HIIT1 (۱۵ نفر) : ۵۷/۳ ± ۸/۹ تمرین HIIT2 (۱۵ نفر): ۵۵/۷ ± ۷/۴ تمرین MICT (۱۴ نفر) : ۵۴/۶ ± ۸/۹	تمرین HIIT1 : ۲۸/۵ ± ۴/۹ تمرین HIIT2 : ۲۸/۹ ± ۳/۶ تمرین MICT : ۲۹/۴ ± ۴/۹	۸ (۲)	تمرین HIIT1 : ۲۰ دقیقه تمرین HIIT2 : ۲۰ دقیقه تمرین MICT : ۲۴ دقیقه	تمرین HIIT1 : ۱۰۰٪ vo2max تمرین HIIT2 : ۷۰٪ vo2max تمرین MICT : ۵۰٪ vo2max

جدول ۲. بررسی کیفیت مطالعات

مطالعه – سال	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	امتیاز
کارستوفت و همکاران ۲۰۱۲ [۳۱]	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
ترادا و همکاران ۲۰۱۳ [۳۴]	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
میترنون و همکاران ۲۰۱۳ [۳۲]	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
میلارد و همکاران ۲۰۱۶ [۳۰]	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
سوری و همکاران ۲۰۱۶ [۲۰]	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
هوانگ و همکاران ۲۰۱۹ [۲۹]	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
نادری و همکاران ۲۰۲۱ [۱۵]	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۸

لی و همکاران ۲۰۲۲ [۲۸]	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
ترابی و میرزایی ۲۰۲۲ [۳۳]	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
گینت و همکاران ۲۰۲۳ [۲۷]	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷

۱- مشخص بودن ضوابط واجد شرایط بودن آزمودنی‌ها، ۲- اختصاص شرکت کنندگان به‌طور تصادفی به گروه‌های مختلف، ۳- آشنایی نداشتن شرکت کنندگان نسبت به گروه بندی‌هایشان، ۴- یکسان بودن آزمودنی‌ها از نظر وزن بدن در گروه‌های 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 Intention to treat (ITT)، ۸- وجود گزارش تفاوت‌های آماری بین گروه‌ها برای متغیر اصلی پژوهش، ۹- وجود گزارش میانگین، انحراف معیار و میزان معناداری (P value).

جدول ۱. دستور جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی

پایگاه اطلاعاتی	دستور جستجو	نتایج
PubMed	((((“type 2 diabetes” or “diabetes mellitus” or “diabetes mellitus, type 2” or “non-insulin-dependent diabetes*” or “type II diabetes*” or “T2DM” or “prediabetes” or “pre-diabetes”) AND (“High intensity interval training” or “high intensity interval exercise” or “high intensity intermittent training” or “high intensity intermittent exercise” or “aerobic interval training” or “aerobic interval exercise” or “interval training” or “sprint interval training” or “sprint interval exercise” or HIIT or SIT)) AND (“Continuous training” or “moderate-intensity continuous exercise” or “aerobic exercise” or “aerobic training” or “Continuous aerobic training” or “continuous endurance training” or “endurance training” or “endurance exercises”)) AND (“insulin resistance” or “HOMA-IR” or “homeostatic model assessment for insulin resistance” or insulin or “fasting insulin” or glucose or “fasting glucose” or “fasting blood glucose” or “fasting sugar” or “fasting blood sugar” or “insulin resistance” or “IR” or “insulin sensitivity” or “tolerance test” or “oral glucose tolerance test” or “OGTT” or “GTT” or “insulin tolerance test” or ITT or “blood pressure” or “systolic pressure” or “systolic blood pressure” or “diastolic pressure” or “diastolic blood pressure” or “hypertension” or “hypertensive” or “SBP” or “DBP” or “vo2max” or “Maximal oxygen uptake” or “peak oxygen uptake” or “cardiorespiratory fitness” or “Cardiometabolic factors”))	**83**
Scopus	((((“type 2 diabetes” or “diabetes mellitus” or “diabetes mellitus, type 2” or “non-insulin-dependent diabetes*” or “type II diabetes*” or “T2DM” or “prediabetes” or “pre-diabetes”) AND (“High intensity interval training” or “high intensity interval exercise” or “high intensity intermittent training” or “high intensity intermittent exercise” or “aerobic interval training” or “aerobic interval exercise” or “interval training” or “sprint interval training” or “sprint interval exercise” or HIIT or SIT)) AND (“Continuous training” or “moderate-intensity continuous exercise” or “aerobic exercise” or “aerobic training” or “Continuous aerobic training” or “continuous endurance training” or “endurance training” or “endurance exercises”)) AND (“insulin resistance” or “HOMA-IR” or “homeostatic model assessment for insulin resistance” or insulin or “fasting insulin” or glucose or “fasting glucose” or “fasting blood glucose” or “fasting sugar” or “fasting blood sugar” or “insulin resistance” or “IR” or “insulin sensitivity” or “tolerance test” or “oral glucose tolerance test” or “OGTT” or “GTT” or “insulin tolerance test” or ITT or “blood pressure” or “systolic pressure” or “systolic blood pressure” or “diastolic pressure” or “diastolic blood pressure” or “hypertension” or “hypertensive” or “SBP” or “DBP” or “vo2max” or “Maximal oxygen uptake” or “peak oxygen uptake” or “cardiorespiratory fitness” or “Cardiometabolic factors”))	**231**
Web of science	(((TS=(“type 2 diabetes” or “diabetes mellitus” or “diabetes mellitus, type 2” or “non-insulin-dependent diabetes*” or “type II diabetes*” or “T2DM” or “prediabetes” or “pre-diabetes”)) AND TS=(“High intensity interval training” or “high intensity interval exercise” or “high intensity intermittent training” or “high intensity intermittent exercise” or “aerobic interval training” or “aerobic interval exercise” or “interval training” or “sprint interval training” or “sprint interval exercise” or HIIT or SIT)) AND TS=(“Continuous training” or “moderate-intensity continuous exercise” or “aerobic exercise” or “aerobic training” or “Continuous aerobic training” or “continuous endurance training” or “endurance training” or “endurance exercises”)) AND TS=(“insulin resistance” or “HOMA-IR” or “homeostatic model assessment for insulin resistance” or insulin or “fasting insulin” or glucose or “fasting glucose” or “fasting blood glucose” or “fasting sugar” or “fasting blood sugar” or “insulin resistance” or “IR” or “insulin sensitivity” or “tolerance test” or “oral glucose tolerance test” or “OGTT” or “GTT” or “insulin tolerance test” or ITT or “blood pressure” or “systolic pressure” or “systolic blood pressure” or “diastolic pressure” or “diastolic blood pressure” or “hypertension” or “hypertensive” or “SBP” or “DBP” or “vo2max” or “Maximal oxygen uptake” or “peak oxygen uptake” or “cardiorespiratory fitness” or “Cardiometabolic factors”)	**122**

طبق نتایج مطالعه حاضر، تمرینات تناوبی همانند تمرینات تداومی منجر به کاهش گلوکز خون ناشتا در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو می‌شود. نتایج این مطالعه با نتایج مطالعات پیشین اصیل [۳۰-۲۷] همسو و با یافته‌های پژوهش‌های دیگر [۱۵،۳۳] ناهمسو است. در یک مطالعه فراتحلیل با ۱۹ مطالعه کارآزمایی بالینی در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو گزارش شد که تمرین تناوبی و تمرین تداومی (هر کدام به صورت جداگانه در مقایسه با گروه کنترل) موجب کاهش معنی‌دار گلوکز خون ناشتا می‌شود [۳۶]. نتایج یک فراتحلیل دیگر با ۲۷ مطالعه و ۱۳۷۲ آزمودنی نشان داد که تمرینات هوازی موجب کاهش معنی‌دار گلوکز خون ناشتا گردید [۳۷]. طبق نتایج فراتحلیل حاضر، هیچگونه برتری در تمرین تناوبی شدید نسبت به تمرینات تداومی با شدت متوسط برای کاهش قندخون ناشتا وجود ندارد. در واقع، تمرینات تناوبی با شدت بالا می‌تواند مزایای مشابه تمرینات تداومی با شدت متوسط ایجاد کند. نکته قابل توجه این است که هنگام مقایسه این دو نوع پروتکل ورزشی، مدت زمان مداخلات تمرین تناوبی شدید نسبت به تمرینات تداومی با شدت متوسط کمتر بوده است، با این حال تمرینات تناوبی همانند تمرینات تداومی طولانی مدت منجر به کاهش قندخون ناشتا شده است.

طبق نتایج مطالعه حاضر، تمرینات تناوبی نسبت به تمرینات تداومی منجر به کاهش معنی‌دار انسولین و مقاومت به انسولین در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو می‌شود. نتایج این مطالعه با نتایج برخی مطالعات اصیل پیشین [۲۸, ۲۹, ۳۱] همسو و با نتایج برخی مطالعات دیگر [۱۵, ۳۲] ناهمسو بود. همچنین نتایج این مطالعه با نتایج مطالعات فراتحلیل غفاری و همکاران [۳۶] و گری و همکاران [۳۷] همسو بود. در مطالعه فراتحلیل غفاری و همکاران با ۱۹ مطالعه کارآزمایی بالینی که در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو انجام شده بود، مشاهده شد که تمرینات تناوبی و تداومی به صورت جداگانه سبب کاهش معنی‌دار انسولین و مقاومت به انسولین می‌شود [۳۶]. Grace و همکاران در یک مطالعه فراتحلیل با ۲۷ مطالعه و ۳۸ مداخله تمرین هوازی، ۱۳۷۲ آزمودنی را مورد بررسی قرار دادند و نتایج آنها نشان داد که تمرینات هوازی موجب کاهش معنی‌دار انسولین و بهبود مقاومت به انسولین گردید [۳۷]. فعالیت تناوبی با شدت بالا، با افزایش سرعت سوخت و ساز انرژی، نسبت به تمرین تداومی با شدت متوسط همراه است و می‌تواند مسیرهای پیام‌رسانی تحریک کننده به وسیله فعالیت ورزشی در سلول‌های فعال را با قدرت بیشتری تحریک کند [۳۸]. شناخته‌ترین مسیر پیام‌رسانی که در اثر تمرین تناوبی شدید فعال می‌شود، مسیر AMPK پایین دست آن است که در تمرین طولانی مدت، با افزایش نسخه برداری و بیان پروتئین‌های درگیر در مسیرهای سوخت و ساز سلول، به سازگاری منجر می‌شود [۳۸]. بهبود مقاومت انسولینی در اثر تمرینات ورزشی با بهبود متابولیسم گلوکز همراه است. تمرینات تناوبی شدید و تمرینات تداومی با شدت متوسط باعث افزایش برداشت گلوکز توسط افزایش تعداد ناقل‌های گلوکز در غشای پلاسمایی می‌گردد. افزایش بیان پروتئین‌های مختلف در پیام‌رسانی انسولینی موجب بهبود انتقال گلوکز پلاسما به درون سلول عضلانی می‌شود که به دنبال کاهش سطح گلوکز پلاسما انتظار می‌رود میزان ترشح انسولین در افراد دارای مقاومت به انسولین کاهش یابد [۳۹].

طبق نتایج مطالعه حاضر، تمرینات تناوبی مانند تمرینات تداومی منجر به کاهش معنی‌دار فشارخون سیستولی در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ می‌شود. نتایج این مطالعه با نتایج مطالعه پژوهشی پیشین [۳۲] همسو و با نتایج تحقیقاتی دیگر [۲۷،۲۸،۳۱] ناهمسو بود. در یک مطالعه مرور نظام‌مند و فراتحلیل با ۵ مطالعه و ۱۱۹ بیماران مبتلا به دیابت نوع دو مشاهده شد که تمرین تناوبی با حجم کم سبب کاهش معنی‌دار فشار خون سیستولی گردید [۱۷]. از سویی دیگر، دناردی و همکاران یک پژوهش فراتحلیل با ۵ مطالعه کارآزمایی بالینی انجام دادند و مشاهده کردند که تفاوتی بین تمرینات تناوبی و تداومی برای کاهش فشار خون سیستولی و دیاستولی مشاهده نشد [۴۰]. پوزو و همکاران در یک مطالعه فراتحلیل با بررسی ۱۰ مطالعه که در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو انجام شده بود، بیان کردند که تمرینات تناوبی می‌تواند یک استراتژی مفید برای پارامترهای کاردیومتابولیک از جمله تنظیم فشارخون باشد [۴۱]. تمرین تناوبی شدید میزان سوخت و ساز پایه را افزایش می‌دهد و گردش خون را در سراسر بدن بهبود می‌بخشد [۴۲]. همچنین تمرینات ورزشی سبب کاهش فشارخون استراحتی می‌شود که به علت واکنش گیرنده‌های بتا است، بنابراین انبساط عروقی افزایش می‌یابد. چندین سازوکار به عنوان علت کاهش فشار خون ناشی از فعالیت ورزشی شناخته شده است که از آن جمله می‌توان به کاهش تون آدرنرژیک، تاثیر بر دستگاه سمپاتیک، کاهش مقاومت محیطی نسبت به انسولین، کاهش وزن و چربی‌های بدن اشاره کرد [۴۳]. در فعالیت ورزشی طولانی مدت، با توجه به سازگاری ناشی از ماهیت هوازی برنامه فعالیت ورزشی در تعدیل ترشح هورمون‌های غدد فوق‌کلیه مانند اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین و در نتیجه کاهش مقاومت عروقی، تعدیل عملکرد دستگاه رنین- آنژیوتانسین و کاهش ترشح آلدوسترون ناشی از فعالیت ورزشی هوازی، باعث کاهش فشار خون سیستولی و دیاستولی می‌شود [۴۳]. پس از فعالیت ورزشی شدید، با تنظیم مجدد گیرنده‌های فشاری سرخرگی، فشارخون کاهش می‌یابد [۴۴].

طبق نتایج مطالعه حاضر، تمرینات تناوبی نسبت به تمرینات تداومی منجر به افزایش Vo_2max نزدیک به سطح معناداری (P=۰/۰۵) در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو با اندازه اثر متوسط (۰/۴۹) می‌شود. نتایج یک مطالعه نشان داد که تمرینات تناوبی شدید سبب افزایش معنی‌دار Vo_2max در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو شد [۴۱]. در یک مطالعه فراتحلیل دیگر پنگ و همکاران ۵ مطالعه در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو را مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که تمرینات تناوبی نسبت به گروه کنترل

موجب افزایش معنی‌دار Vo_2max در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو می‌شود [۱۷]. همچنین، در یک مطالعه فراتحلیل دیگر که با هدف مقایسه اثر تمرینات تناوبی و تداومی بر فاکتورهای گلایسمی در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو انجام شده بود، گزارش شد که تمرینات تناوبی در مقایسه با تمرینات تداومی موجب افزایش معنادار Vo_2max می‌شود [۴۰]. تمرینات هوازی باعث بهبود مصرف اکسیژن و بهبود در پارامترهای گلسیمیک می‌شود که می‌تواند بازتابی از کاهش گلوکز خون و هموگلوبین گلیکوزیله باشد [۴۵]. عمدتاً با افزایش اکسیژن مصرفی بیشینه، گلوکز خون، چربی، مقاومت به انسولین کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد که احتمالاً سازگاری‌های مرکزی و پیرامونی، از جمله مهمترین عوامل افزایش اکسیژن مصرفی بیشینه 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 Vo_2max می‌شوند [۴۶]. به طور کلی، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تمرین تناوبی شدید تکنیک تمرینی بسیار مؤثری برای بهبود عوامل کاردیومتابولیک محسوب می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تمرینات تناوبی شدید نسبت به تمرینات تداومی با شدت متوسط یک روش تمرینی بهینه و مناسب برای بهبود عوامل کاردیومتابولیک از جمله کاهش انسولین ناشتا، مقاومت به انسولین و فشار خون سیستولی و افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی برای بیماران دیابت نوع دو محسوب می‌شود. در نتیجه، انجام تمرینات تناوبی شدید برای مدیریت دیابت و کاهش عوارض آن پیشنهاد می‌گردد.

تشکر و قدردانی: از همه اساتیدی که در غنای مطالب حاضر یاری‌رسان بودند، نهایت تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

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

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

منابع

1. Ansari S, Djalali M, Honarvar NM, Mazaherioun M, Zarei M, Gholampour Z, et al. 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. Intl Res J Appl Basic Sci. 2016. doi:10.5812/ijem.40614 PMid:28835761 PMCid:PMC5554612
2. Kazeminasab F, Baharlooie 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; 114340. doi:10.1016/j.physbeh.2023.114340 PMid:37648184
3. Gomez-Perez FJ, Aguilar-Salinas CA, Almeda-Valdes P, Cuevas-Ramos D, Lerman Garber I, Rull JA. HbA1c for the diagnosis of diabetes mellitus in a developing country. A position article. Arch Med Res. 2010; 41(4): 302-8. doi:10.1016/j.arcmed.2010.05.007 PMid:20637376
4. Tabák AG, Herder C, Rathmann W, Brunner EJ, Kivimäki M. Prediabetes: a high-risk state for diabetes development. Lancet. 2012; 379(9833): 2279-90. doi:10.1016/S0140-6736(12)60283-9 PMid:22683128
5. Niyonkuru, V. Computational Fluid Dynamics (CFD) for blood flow in cardiovascular medical devices and blood damage prediction. Novel Clin Med 2023;2(3):136-142. doi: 10.22034/ncm.2023.408048.1101
6. Pinent M, Castell A, Baiges G, Montagut G, Arola L, Ardévol A. Bioactivity of Flavonoids on Insulin-Secreting Cells. Compr Rev Food Sci Food Saf, 2008. 7(4): 299-308. doi:10.1111/j.1541-4337.2008.00048.x PMid:33467792
7. Kazeminasab F, Marandi SM, Baharlooie M, Nasr-Esfahani MH, Ghaedi K. Modulation and bioinformatics screening of hepatic mRNA-lncRNAs (HML) network associated with insulin resistance in prediabetic and exercised mice. Nutr Metab. 2021; 18(1): 1-16. doi:10.1186/s12986-021-00600-0 PMid:34284789 PMCid:PMC8290563
8. Teodoro JS, Gomes AP, Varela AT, Duarte FV, Rolo AP, Palmeira CM. Uncovering the beginning of diabetes: the cellular redox status and oxidative stress as starting players in hyperglycemic damage. Mol Cell Biochem. 2013; 376(1-2): 103-10. doi:10.1007/s11010-012-1555-9 PMid:23292031
9. Li G, Zhang P, Wang J, Gregg EW, Yang W, Gong Q, Li H, et al. The long-term effect of lifestyle interventions to prevent diabetes in the China Da Qing Diabetes Prevention Study: a 20-year follow-up study. Lancet. 2008; 371(9626): 1783-9. doi:10.1016/S0140-6736(08)60766-7 PMid:18502303
10. Nasiri R, Meshkati Z, Nasiri S. Regular aerobic/resistance exercises and garlic extract supplementation effects in pregnancy outcome of Balb/C mice. J Appl Health Stud Sport Physiol. 2017; 4(2): 89-96.
11. Larsen S, Danielsen JH, Søndergård SD, Søgaard D, Vigelsoe A, Dybboe 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
12. Fazel Najafabadi Z, Azamian Jazi A, Banitalebi E. Effect of Eight Weeks High Intensity Interval Training (HIIT) and Combined Training on Serum Liver Enzymes and Insulin Resistance Index in Women with Type 2 Diabetes. North Khorasan Univ Med Sci. 2020. 11(4): 28-35. doi:10.52547/nkums.11.4.28
13. Little JP, Gillen JB, Percival ME, Safdar A, Tarnopolsky MA, Punthakee Z, et al. Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. J Appl Physiol (1985). 2011; 111(6): 1554-60. doi:10.1152/japplphysiol.00921.2011 PMid:21868679
14. 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. J Isfahan Medical Sch. 2023; 41(721): 406-26.
15. Naderi L, Banaei Borojeni J, Kargarfard M, Keshavarz S. Comparison of Interval and Continuous Training on Growth Differentiation Factor 15, Pancreatic beta cell function and insulin resistance in Women with Type 2 Diabetes. Med J Mashhad Univ Med Sci. 2021; 64(2): 2681-91.
16. Najafi M, Ghazalian F, Gaeini A, Natanzi HA, Gholami M. Comparative effects of 12-week interval and continuous trainings on some vasodilation and vasoconstriction factors in patients with type 2 diabetes. Sci J Rehabil Med. 2020; 9(4): 322-332.
17. 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. doi:10.3389/fendo.2022.1098325 PMid:36686490 PMCid:PMC9845913
18. Jelleyman C, Yates T, O'Donovan G, Gray LJ, King JA, Khunti K. et al. The effects of high-intensity interval training on glucose regulation and insulin resistance: a meta-analysis. Obes Rev. 2015; 16(11): 942-61. doi:10.1111/obr.12317 PMid:26481101

19. Kubli DA, Gustafsson AB. Mitochondria and mitophagy: the yin and yang of cell death control. Circ Res. 2012; 111(9): 1208-21. doi:10.1161/CIRCRESAHA.112.265819 PMid:23065344 PMCid:PMC3538875
20. Souri R, Khosravi N, Yazdan Dost H, Aiti MH. 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. J Sport Biosci. 2016; 8(3): 365-80.
21. 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
22. 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. 2023; 14: 1178376. doi:10.3389/fendo.2023.1178376 PMid:37635963 PMCid:PMC10450243
23. Khalafi M, Azali Alamdari K, Symonds ME, Nobari H, Carlos-Vivas J. Impact of acute exercise on immediate and following early post-exercise FGF-21 concentration in adults: systematic review and meta-analysis. Hormones (Athens). 2021; 20(1): 23-33. doi:10.1007/s42000-020-00245-3 PMid:33151509
24. 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 PMCid:PMC2127453
25. Bayat Z, Gaeini A, Nuri R. Comparative Effect of interval, continuous, and combined aerobic exercise on cardiovascular disease risk factors in Type 2 Diabetic patients with fatty liver. Pejouhesh dar Pezeshki (Research in Medicine). 2021; 45(1): 8-14.doi:10.34172/mj.2021.071
26. Oliveira BRR, Slama FA, Deslandes AC, Furtado ES, Santos TM. Continuous and high-intensity interval training: which promotes higher pleasure? PLoS One. 2013; 8(11): e79965. doi:10.1371/journal.pone.0079965 PMid:24302993 PMCid:PMC3841165
27. Gentil P, Bento E Silva LR, Antunes DE, Barbosa Carneiro L, Barbosa de Lira CA, Batista G, et al. The effects of three different low-volume aerobic training protocols on cardiometabolic parameters of type 2 diabetes patients: A randomized clinical trial. Front Endocrinol. 2023; 985404. doi:10.3389/fendo.2023.985404 PMid:36755928 PMCid:PMC9900112
28. Li J, Cheng W, Ma H. A Comparative Study of Health Efficacy Indicators in Subjects with T2DM Applying Power Cycling to 12 Weeks of Low-Volume High-Intensity Interval Training and Moderate-Intensity Continuous Training. J Diabetes Res. 2022; 2022: 9273830. doi:10.1155/2022/9273830 PMid:35071605 PMCid:PMC8776485
29. Hwang CL, Lim J, Yoo JK, Kim HK, Hwang MH, Handberg EM. 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. doi:10.1016/j.exger.2018.12.013 PMid:30576716 PMCid:PMC6404965
30. Maillard F, Rousset S, Pereira B, Traore A, Pradel Del Amaze PD, Boirie Y, et al. High-intensity interval training reduces abdominal fat mass in postmenopausal women with type 2 diabetes. Diabetes Metab. 2016; 42(6): 433-41. doi:10.1016/j.diabet.2016.07.031 PMid:27567125
31. Karstoft K, Winding K, Knudsen SH, Nielsen JS, Thomsen C, Pedersen BK, et al. The effects of free-living interval-walking training on glycemic control, body composition, and physical fitness in type 2 diabetic patients: a randomized, controlled trial. Diabetes Care. 2013; 36(2): 228-36. doi:10.2337/dc12-0658 PMid:23002086 PMCid:PMC3554285
32. Mitranun W, Deerochanawong C, Tanaka H, Suksom D. Continuous vs interval training on glycemic control and macro- and microvascular reactivity in type 2 diabetic patients. Scand J Med Sci Sports. 2014; 24(2): e69-76.doi:10.1111/sms.12112 PMid:24102912
33. Torabi M, Mirzaei B. The effects of high intensity interval and moderate intensity aerobic continuous training on some of the glycemic control variables and fetuin-A in type 2 diabetic patients. J Sport Exercise Physiol. 2022; 15(3): 81-90. doi:10.52547/joeppa.15.3.81
34. Terada T, Friesen A, Chahal BS, Bell GJ, McCargar LJ, Boulé NG. Feasibility and preliminary efficacy of high intensity interval training in type 2 diabetes. Diabetes Res Clin Pract. 2013; 99(2): 120-9. doi:10.1016/j.diabres.2012.10.019 PMid:23183390
35. Guiraud T, Nigam A, Gremeaux V, Meyer P, Juneau M, Bosquet L. High-intensity interval training in cardiac rehabilitation. Sports Med. 2012; 42(7): 587-605. doi:10.2165/11631910-000000000-00000 PMid:22694349
36. Ghafari M, Faramarzi M, Banitalebi E. Comparison Effect of Continuous and Interval Training on Glycemic Factors in Type 2 Diabetic Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis of Internal Articles. Sport Physiol. 2021; 13(51): 17-42.
37. Grace A, Chan E, Giallauria F, Graham PL, Smart NA. Clinical outcomes and glycaemic responses to different aerobic exercise training intensities in type II diabetes: a systematic review and meta-analysis. Cardiovasc Diabetol. 2017; 16(1): 37. doi:10.1186/s12933-017-0518-6 PMid:28292300 PMCid:PMC5351065
38. Wisløff U, Støylen A, Loennechen JP, Bruvold M, Rognmo Ø, Haram PM, et al. Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. Circulation. 2007; 115(24): 3086-94. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.106.675041 PMid:17548726
39. Azari N, Rahmati M, Fathi M. The effects of endurance exercise on blood gluocse, insulin and insulin resistance in patients with type II diabetes: Asystematic review and meta-analysis of studies in Iran. Iran J Diabetes Lipid Disord; 2018; 17(2): 65-78.
40. Nardi ATD, Tolves T, Lenzi TL, Signori LU, Vargas da Silva AM. 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. doi:10.1016/j.diabres.2017.12.017 PMid:29329778
41. Lora-Pozo I, Lucena-Anton D, Salazar A, Galán-Mercant A, Moral-Munoz JA. Anthropometric, Cardiopulmonary and Metabolic Benefits of the High-Intensity Interval Training Versus Moderate, Low-Intensity or Control for Type 2 Diabetes: Systematic Review and Meta-Analysis. Int J Environ Res Public Health. 2019; 16(22). doi:10.3390/ijerph16224524 PMid:31731764 PMCid:PMC6887993
42. Pavkov ME, Bennett PH, Knowler WC, Krakoff J, Sievers ML, Nelson RG. Effect of youth-onset type 2 diabetes mellitus on incidence of end-stage renal disease and mortality in young and middle-aged Pima Indians. JAMA. 2006; 296(4): 421-6. doi:10.1001/jama.296.4.421 PMid:16868300
43. Hidari H. The effect of short-term aerobic exercise on the blood pressure in elderly clients with hypertension. Med Surg Nurs J. 2014; 3(1): e87735.
44. Halliwill JR, Taylor JA, Eckberg DL. Impaired sympathetic vascular regulation in humans after acute dynamic exercise. J Physiol. 1996; 495 (Pt 1)(Pt 1): 279-88. doi:10.1113/jphysiol.1996.sp021592 PMid:8866370 PMCid:PMC1160743
45. Boulé NG, Haddad E, Kenny GP, Wells GA, Sigal RJ. Effects of exercise on glycemic control and body mass in type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of controlled clinical trials. JAMA. 2001; 286(10): 1218-27. doi:10.1001/jama.286.10.1218 PMid:11559268
46. Misra A, Alappan NK, Vikram KN, Goel K, Gupta N, Mittal K, et al. Effect of supervised progressive resistance-exercise training protocol on insulin sensitivity, glycemia, lipids, and body composition in Asian Indians with type 2 diabetes. Diabetes Care. 2008; 31(7): 1282-7. doi:10.2337/dc07-2316 PMid:18316394 PMCid:PMC2453659

How to Cite this Article:
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. 2024; 28(1):96-109. doi: 10.48307/FMSJ.2024.28.1.98