مجله دیابت و متابولیسم ایران. بهمن و اسفند ۱۴۰۲؛ دوره ۲۳ (شماره ۶) ۳۶۷-۳۵۵

مقاله مروری

تأثیر تمرین تناوبی با شدت بالا در برابر تمرین تداومی با شدت متوسط بر سطوح گردشی آدیپونکتین در افراد با و بدون بیماری‌های متابولیکی: مروری نظام‌مند با فراتحلیل

محمد جواد پوروقار*[۱]، سعید رضا نوری مفرد[۱]، موسی خلفی[۱]

چکیده

مقدمه: آدیپونکتین یکی از شناخته شده‌ترین آدیپوکاین‌ها با اثرات ضد التهابی است، که نقش مهمی در تنظیم متابولیسم بدن ایفا می‌کند. هدف مطالعهٔ حاضر بررسی تأثیر تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) در برابر تمرین تداومی با شدت متوسط (MICT) بر سطوح گردشی آدیپونکتین در افراد با و بدون بیماری‌های متابولیکی است.

روش‌ها: جستجوی نظام‌مند در پایگاه‌های اطلاعاتی PubMed, Web of Science مرکز جهاد دانشگاهی و مگیران با استفاده از کلیدواژه‌های "HIIT" و «آدیپونکتین» برای یافتن مقالات فارسی و انگلیسی منتشر شده تا ماه October سال ۲۰۲۲ انجام شد. اندازه اثر (SMD) و فاصلهٔ اطمینان ۹۵ درصد، با استفاده از نرم‌افزار CMA2 محاسبه شد. از آزمون I^2 برای محاسبهٔ ناهمگونی و تحلیل بصری فونل پلات و تست Egger برای تعیین سوگیری انتشار استفاده شدند.

یافته‌ها: آنالیز داده‌های ۲۸ مداخله (۲٤ مطالعه) نشان داد که HIIT منجر به افزایش معنی‌دار آدیپونکتین می‌شود [P=۰/۰۰٤ ،(۰/٦۸ الی ۰/٤۰ (CI:۰/۱۲]. همچنین، آنالیز داده‌های ۸ مداخله نشان داد که HIIT منجر به افزایش غیر معنی‌دار آدیپونکتین نسبت به گروه MICT شد [P=۰/۰۷ ،(۰/۸٦ الی ۰/۰٤- :CI) ۰/٤۱].

نتیجه‌گیری: یافته‌های مطالعهٔ حاضر نشان داد که HIIT روش تمرینی مناسب و کارآمد برای افزایش آدیپونکتین به‌ویژه در افراد با اختلالات متابولیکی است.

واژگان کلیدی: تمرین تناوبی، تمرین تداومی، آدیپونکتین، چاقی

۱- گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکدهٔ علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

***نشانی**: کاشان، کیلومتر ٦ بلوار قطب راوندی، دانشگاه کاشان، دانشکده علوم انسانی، کد پستی: ۸۷۳۱۷۵۳۱۵۳، تلفن: ۰۳۱۵۵۹۱۳۷۰۸، پست الکترونیک: vaghar@kashnu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۰۹ **تاریخ درخواست اصلاح: ۱۴۰۲/۰۶/۰۴** **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۴**

مقدمه

امروزه چاقی از جمله مشکلات عمدهٔ حوزهٔ سلامت در جهان به شمار می‌آید و شیوع آن در کشورهای پیشرفته و همچنین کشورهای در حال توسعه به‌صورت چشمگیری رو به گسترش است [۱]. چاقی، که با افزایش تودهٔ چربی بدن همراه است، خطر ابتلا به بیماری‌های مزمن از جمله بیماری‌های قلبی عروقی و دیابت نوع دو را افزایش می‌دهد [۲]. از لحاظ بیولوژیکی، بافت چربی علاوه بر منبعی برای ذخیره انرژی به‌صورت چربی، به‌عنوان یک ارگان درون‌ریز عمل می‌کند که با ترشح هورمون‌های مختلف نقش مهمی در تنظیم متابولیسم بدن دارد [۳]. برخی از آدیپوکاین‌های مترشحه از بافت چربی از جمله رزیستین و لپتین دارای اثرات پیش التهابی و برخی دیگر از آنها از جمله آدیپونکتین دارای اثرات ضد التهابی است. تنظیم ترشح این آدیپوکاین‌ها به‌عنوان هدف درمانی برای بیمارهای متابولیکی مرتبط با چاقی شناخته شده است.

آدیپونکتین به‌عنوان مهم‌ترین هورمون ضد التهابی مترشحه از بافت چربی شناخته شده است که دارای تأثیر ضد التهابی و بهبود دهندهٔ مقاومت به انسولین است [٤]. تنظیم پاسخ‌های التهابی با واسطهٔ آدیپونکتین در انواع مختلف سلول‌های بدن اتفاق می‌افتد. در واقع، آدیپونکتین به‌طور منفی بیان پروتئین واکنشی C CRP[1] و TNF-α[2] را در بافت چربی تنظیم می‌کند، درحالی‌که بیان آدیپونکتین توسط TNF-α و IL-6[3] مهار می‌شود [۵]. علاوه براین، آدیپونکتین از طریق سیگنال‌دهی وابسته به cAMP-PKA[4] از تولید IL-8، VCAM-1 و ROS در سلول‌های اندوتلیال جلوگیری می‌کند [۵]. آدیپونکتین همچنین فعال‌سازی AMPK را در سلول‌های اندوتلیال تحریک می‌کند که منجر به فعال شدن eNOS[5] می‌شود [۵]. در ماکروفاژها، آدیپونکتین تولید TNF-α و IL-6 را از طریق سرکوب فعال‌سازی NF-kB[6] کاهش می‌دهد و بیان IL-10 را افزایش می‌دهد که منجر به افزایش تولید TIMP-1[7] می‌شود [۵]. علاوه بر اثرات ضد التهابی آدیپونکتین، اتصال آدیپونکتین به گیرنده‌های خود چندین مسیر سیگنال‌دهی درون سلولی را فعال می‌کند که منجر به افزایش استفاده از گلوکز، اکسیداسیون اسیدهای چرب و جذب گلوکز در عضله و کاهش گلوکونئوژنز در کبد می‌شود [٦]. مطالعات اپیدمیولوژیک نشان می‌دهد که آدیپونکتین با بیماری‌های التهابی مرتبط با چاقی همبستگی منفی دارد، اما رابطه آدیپونکتین با برخی شرایط بیماری بحث‌برانگیز است [۵]. از این‌رو، آدیپونکتین به‌عنوان یک تعدیل کننده متابولیکی التهابی برای چاقی و بیماری‌های مرتبط با آن شناخته شده است.

تمرین‌های ورزشی منظم یکی از مهم‌ترین مداخلات برای چاقی و بیماری‌های مرتبط با آن است که منجر به بهبود عوامل خطرزای زیادی از جمله التهاب مزمن، اختلال لیپیدی، مقاومت به انسولین و فشار خون بالا می‌شود [۱۰-۷]. آثار مفید تمرین ورزشی وابسته به مؤلفه‌های تمرینی از جمله شدت و نوع تمرین ورزشی است. از این‌رو، در سال‌های اخیر تمرکز تحقیقاتی بیشتری برای دستیابی به روش تمرینی مقرون به صرفه از لحاظ زمانی صورت گرفته شده است. پروتکل‌های تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) به‌عنوان روش تمرینی مقرون به صرفه برای چاقی معرفی شده است که به‌صورت وهله‌های شدید فعالیت ورزشی با دوره‌های استراحتی فعال و غیرفعال اجرا می‌شود. مطالعات بالینی موجود نشان می‌دهند که این نوع تمرین‌های می‌تواند منجر به کاهش تودهٔ چربی و بهبود عوامل خطرزا در افراد چاق شود. با وجود این، در ارتباط با تأثیر HIIT بر آدیپونکتین اتفاق نظر در مطالعات وجود ندارد، به‌طوری‌که نتایج ادبیات تحقیق حاکی از اثرات افزایشی، کاهشی و عدم تغییر این هورمون به‌دنبال HIIT است. فراتحلیل‌های انجام شده قبلی گزارش کرده‌اند که این نوع تمرین‌های ممکن است اثرات مفید و مقرون به صرفه‌ای از لحاظ زمانی بر بهبود عوامل خطرزای متابولیکی و ترکیب بدنی داشته باشد [۱۵-۱۱، ۷]. درحالی‌که برخی مطالعات اثرات مفید بیشتری را حتی نسبت به تمرین تداومی شدت متوسط (MICT) گزارش کرده‌اند. از این‌رو، فراتحلیل حاضر به‌منظور بررسی تأثیر HIIT بر سطوح گردشی آدیپونکتین در افراد با و بدون بیماری‌های متابولیکی است انجام شده است تا همچنین مقایسه‌ای بین دو نوع پروتکل HIIT و MICT نیز صورت گیرد.

[1] C-reactive protein
[2] Tumour necrosis factor
[3] Interleukin 6
[4] cAMP/PKA Signaling Pathway
[5] Endothelial nitric oxide synthase
[6] Nuclear factor kB
[7] Tissue inhibitor of metalloproteinases-1

روش‌ها

نوع مطالعه

پژوهش حاضر از نوع مطالعات مروری نظام‌مند و فراتحلیل است که براساس دستورالعمل کاکرین و موارد ترجیحی در گزارش مرورهای نظام‌مند و فراتحلیل (PRISMA)، انجام شده است.

جستجوی نظام‌مند: برای استخراج مقالات اصیل جستجوی جامع در پایگاه‌های اطلاعاتیGoogle scholar ، Web of Science ، PubMed، مگیران و مرکز جهاد دانشگاهی با استفاده از کلید واژه‌های "HIIT" و «آدیپونکتین» از آغاز تا تاریخ October ۲۰۲۲ (مهرماه ۱۴۰۱) انجام شد. کلید واژه‌ها و عبارات به‌کار رفته شامل:

"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 "Interval exercise" or "Sprint interval training" or "Sprint interval exercise" or "HIIT" or "SIT" AND "Adiponectin" or “adipokine”

جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی به‌صورت مستقل توسط دو نویسنده (م ج پ، س ر ن م) انجام شد و هرگونه اختلاف نظر از طریق مشورت با نویسندهٔ سوم (م خ) حل شد. برای اطمینان از عدم گم شدن مقالات واجد شرایط، جستجوی دستی در پایگاه اطلاعاتی Google Scholar، لیست منابع مقالات وارد شده به فراتحلیل و همچنین منابع فراتحلیل قبلی [۷] انجام شد. نحوهٔ اعمال جستجوی در دو پایگاه اصلی PubMed و web of science در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول۱- جستجوی نظام‌مند

پایگاه اطلاعاتی	نحوهٔ جستجو	محدودیت
PubMed	("High intensity interval training"[All Fields] OR "High intensity interval exercise"[All Fields] OR "High intensity intermittent training"[All Fields] OR "High intensity intermittent exercise"[All Fields] OR "Aerobic interval training"[All Fields] OR "Aerobic interval exercise"[All Fields] OR "Interval training"[All Fields] OR "Interval exercise"[All Fields] OR "Sprint interval training"[All Fields] OR "Sprint interval exercise"[All Fields] OR "HIIT"[All Fields] OR "SIT"[All Fields]) AND ("Adiponectin"[All Fields] OR "adipokine"[All Fields])	انسان، زبان فارسی و انگلیسی
Web of science	(ALL=("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 "Interval exercise" or "Sprint interval training" or "Sprint interval exercise" or "HIIT" or "SIT")) AND ALL=("Adiponectin" or “adipokine”)	مقاله

معیارهای ورود و خروج: مطالعاتی وارد فراتحلیل حاضر شدند که دارای ویژگی‌های زیر بودند: ۱: مطالعات چاپ شده در مجلات انگلیسی و فارسی زبان ۲: مطالعات با آزمودنی‌های انسان، صرف‌نظر از جنس و سن ۳: مطالعات بررسی کنندهٔ اثر HIIT با طول مداخلهٔ بیشتر از دو هفته، ٤ مطالعات با اندازه‌گیری مقادیر سرمی یا پلاسمایی آدیپونکتین. در ارتباط با نوع مطالعات، مداخلات ورزشی با و بدون گروه کنترل وارد تحقیق شدند. معیارهای خروج شامل مطالعات غیر اصیل از جمله مروری و فراتحلیل، مطالعات بررسی کنندهٔ اثر حاد فعالیت ورزشی و همچنین مطالعات انجام شده بر روی نمونه‌های حیوانی بودند. علاوه بر این، مطالعات با عدم داده‌های کافی برای انجام فراتحلیل از تحقیق حاضر خارج شدند. بررسی مقالات به‌صورت مستقل توسط دو محقق (م ج پ، س ر ن م) انجام شد و هر گونه اختلاف نظر با راهنمایی محقق سوم (م خ) حل شد.

استخراج داده‌ها

پس از بررسی جامع تمام مقالات، اطلاعات کامل مقالات توسط دو نویسنده (م ج پ و س ر ن م) به‌طور مستقل استخراج شد و هرگونه اختلاف‌نظر با محقق سوم (م خ) مورد بررسی مجدد قرار گرفت و تصمیم نهایی براساس توافق بین سه محقق انجام گرفت. اطلاعات مربوط به نوع مطالعه شامل نویسندهٔ اول، سال انتشار، تصادفی یا غیرتصادفی بودن تقسیم‌بندی گروه‌های آزمون و کنترل، تعداد نمونه، کیفیت مطالعه، اطلاعات مربوط

به ویژگی‌های شرکت‌کنندگان در پژوهش‌ها شامل سن، رده‌بندی (کودکان یا بزرگسالان) و جنسیت، اطلاعات مربوط به برنامهٔ تمرین شامل مدت و شدت تمرین، تعداد جلسات در هفته و شدت تمرین استخراج شد. علاوه براین، اطلاعات مربوط به روش اندازه‌گیری مقادیر آدیپونکتین وهمچنین داده‌های این متغیر شامل میانگین و انحراف استاندارد آن قبل و بعد از تمرین در هر دو گروه تمرین و کنترل (تمرین نکرده) استخراج شدند. در صورت عدم وجود داده‌های کافی برای انجام فراتحلیل، از طریق ارسال رایانامه با نویسندهٔ مسئول مکاتبه و داده‌های مورد نظر دریافت شد. در صورت عدم پاسخگویی از سوی نویسندهٔ مسئول، استخراج داده‌ها از نمودارها، با استفاده از نرم‌افزار Get Data (نسخهٔ 2.26.0.20) و یا تخمین مقادیر آن از روش‌های دیگر صورت گرفت.

بررسی کیفیت مقالات: ارزیابی کیفیت مطالعات با استفاده از چک لیست نه موردی Pedro توسط دو نویسنده (م ج پ، س ر ن م) به‌طور مستقل انجام شد. معیارهای ارزیابی عبارت بودند از ۱: ضوابط واجد شرایط بودن آزمودنی‌ها مشخص باشد، ۲: اختصاص شرکت کنندگان به‌طور تصادفی به گروه‌های مختلف انجام شده باشد، ۳: شرکت‌کنندگان نسبت به گروه‌بندی‌هایشان آشنایی نداشته باشند، ٤: یکسان بودن در پیش‌آزمون، ٥: ارزیابی کور، ٦: ماندن ۸۵٪ آزمودنی‌ها در تحقیق، ۷: قصد درمان توسط محققین، ۸: تحلیل بین گروهی، ۹: اندازه‌گیری نقطه‌ای.

روش‌های آماری

دو فراتحلیل مجزا به‌منظور بررسی اثر HIIT و مقایسهٔ اثر HIIT در برابر MICT انجام شد. در این پژوهش فراتحلیل، برای انجام تجزیه‌وتحلیل آماری از میانگین، انحراف استاندارد و حجم نمونه استفاده شد. برای محاسبهٔ اندازه اثر، مقادیر تفاوت میانگین استاندارد شده (SMD) و فاصلهٔ اطمینان ۹۵ درصد (95%CI) با استفاده از مدل اثر تصادفی محاسبه شد. همچنین، برای تعیین ناهمگونی (عدم تجانس) مطالعات، از آزمون I^2 استفاده و مقدار ناهمگونی طبق دستورالعمل کوکران به این ترتیب تفسیر شد: صفر تا ۰/۱۹ نشان دهندهٔ اثر خفیف، ۰/۲ تا ۰/٤۹ نشان دهندهٔ اندازه کوچک، ۰/۵ تا ۰/۷۹ نشان دهندهٔ اثر متوسط و ۰/۸ و بزرگتر از آن نشان دهندهٔ اندازه اثر بزرگ بود. به‌منظور بررسی سوگیری انتشار از تحلیل بصری فونل پلات و نتیجهٔ تست Egger استفاده شد که سطح معنی‌داری P<۰/۱ درنظر گرفته شد. حساسیت تحلیل با حذف مطالعات با سن کمتر از ۱۸ سال نیز انجام شد. تمام آزمون‌های آماری با استفاده از CMA2 صورت گرفت.

یافته‌ها

ویژگی آزمودنی‌ها: در مجموع ٦٤٦ نفر آزمودنی وارد فراتحلیل حاضر شدند. افراد وارد شده به تحقیق حاضر شامل بیماران دیابتی نوع دو، افراد سالم، دارای اضافه وزن و چاق، بیمارن مبتلا به سرطان و سندرم تخمدان پُلی‌کیستیک بودند. همچنین، ۵ مطالعه دارای آزمودنی‌های زیر ۱۸ سال بودند. دامنهٔ سنی آزمودنی‌ها تقریباً از ۹ تا ٦۱ سال و دامنهٔ BMI آنها تقریباً از ۲۳ تا ٤۷ کیلوگرم بر متر مربع بود. آزمودنی‌های وارد شده به مطالعهٔ حاضر پیش از شروع مداخلات در فعالیت ورزشی منظم شرکت نکرده بودند.

پروتکل‌های تمرین: جزئیات کامل از پروتکل‌های تمرین در جدول ۲ ارائه شده است. تمام مطالعات وارد شده به تحقیق حاضر از پروتکل HIIT استفاده کرده بودند. طول مداخلات ورزشی از ۲ هفته تا ٦ ماه متغیر بود که ۱۲ هفته بیشترین تکرار را در بین مطالعات داشت. تعداد مطالعات از ۲ جلسه فعالیت ورزشی در هفته تا ۵ جلسه استفاده کرده بودند که ۳ جلسه در هفته بیشترین استفاده را داشت.

فراتحلیل

تأثیر HIIT بر آدیپونکتین: آنالیز داده‌های ۲۸ مداخله (۲٤ مطالعه) نشان داد که HIIT منجر به افزایش معنی‌داری در آدیپونکتین می‌شود [۰/٤۰ (CI:۰/۱۲ الی ۰/٦۸)، P=۰/۰۰٤] (نمودار ۱). با استفاده از آزمون I2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی بالا و معنی‌داری وجود دارد (I2=۷٤/۹٦, P= ۰/۰۰۱). بررسی سوگیری انتشار با تحلیل بصری فونل پلات نشان داد که سوگیری انتشار وجود ندارد، و نتایج تست Egger آن را تأیید کرد (P= ۰/۸۱). تحلیل حساسیت نشان داد، با استفاده از حذف تک به تک مطالعات و همچنین مطالعات انجام شده با آزمودنی‌های زیر ۱۸ سال جهت و میزان اندازه اثر تغییری نکرد.

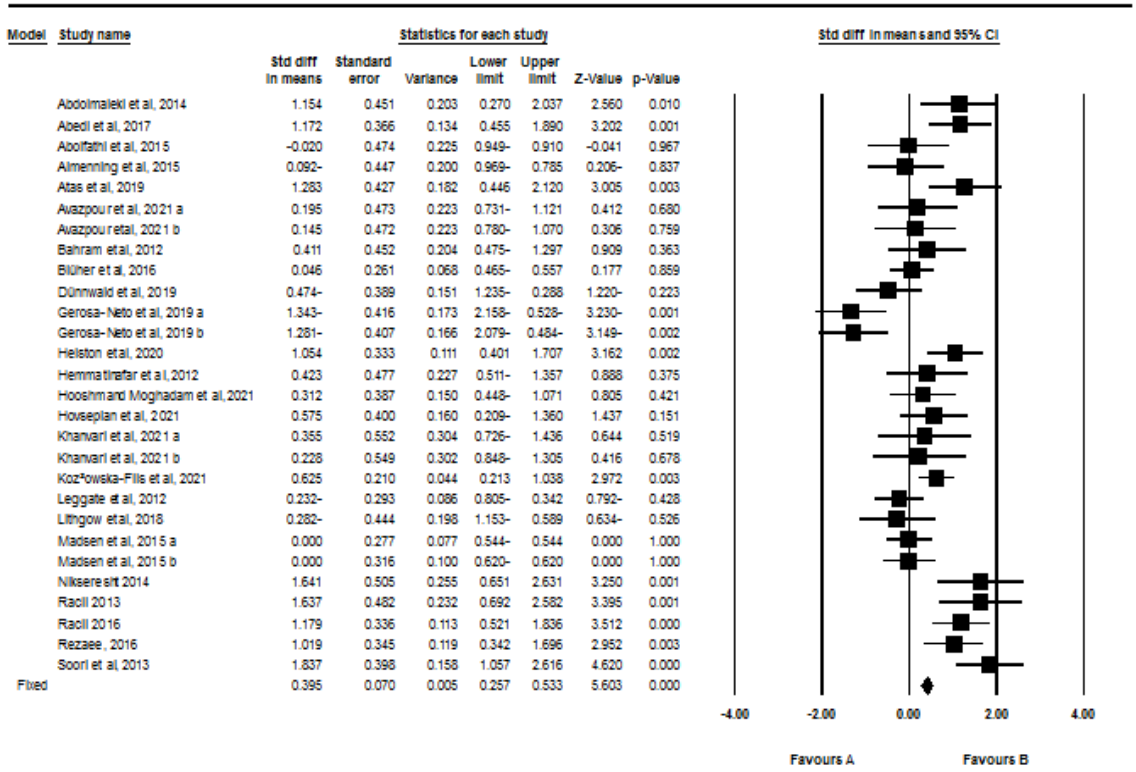
مقایسهٔ تأثیر HIIT با MICT بر آدیپونکتین. آنالیز داده‌های ۸ مداخله نشان داد که HIIT منجر به افزایش غیر معنی‌دار مقادیر گردشی آدیپونکتین نسبت به MICT شد [P=۰/۰۷ ،(۰/۸۶ الی ۰/۰۴- :CI) ۰/۴۱] (نمودار ۲). با استفاده از آزمون I2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی بالا و معنی‌داری وجود دارد (I2= ۵۲/۳۹, P= ۰/۰۵). بررسی سوگیری انتشار با تحلیل بصری فونل پلات نشان داد که سوگیری انتشار وجود ندارد که نتایج تست Egger آن را تأیید کرد (P= ۰/۸۰). تحلیل حساسیت با استفاده از حذف تک به تک مطالعات و همچنین مطالعات انجام شده با آزمودنی‌های زیر ۱۸ سال نشان داد که جهت و میزان اندازه اثر تغییری نکرد. کیفیت مطالعات: بررسی کیفیت مطالعات با چک لیست PEDRO در جدول ۳ ارائه شده است. بر این اساس، مطالعات وارد شده به فراتحلیل حاضر دارای امتیاز بین ۳ تا ۷ بودند که نشان می‌دهد تعدادی از مطالعات دارای کیفیت پایین و تعدادی دیگر کیفیت بالایی داشتند. جزئیات مربوط به هر یک از مطالعات در جدول ۳ به تفضیل ارائه شده است.

جدول۲- ویژگی آزمودنی‌ها و مداخلات ورزشی

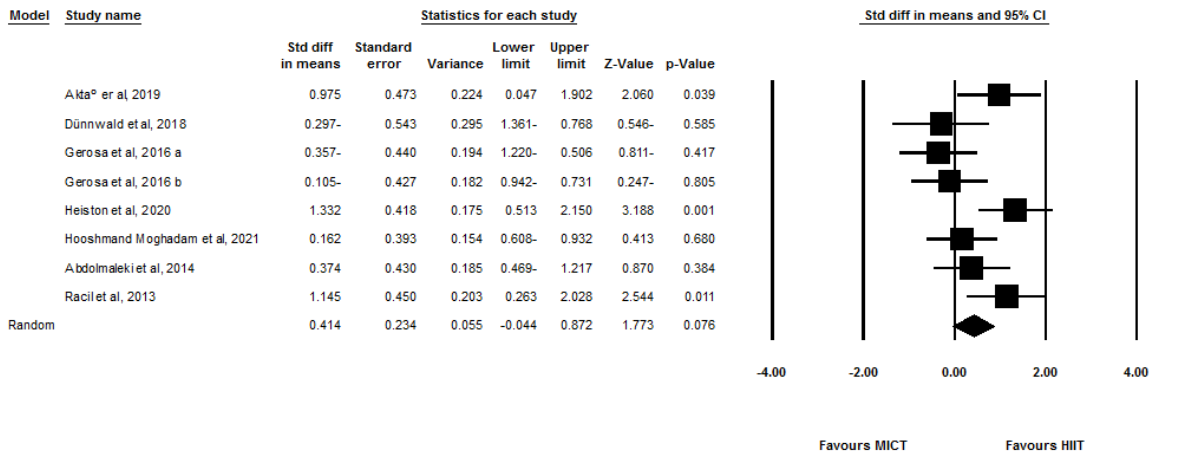
مطالعه (سال)	نمونه (جنسیت)	ویژگی آزمودنی‌ها	سن (سال)	نمایهٔ تودهٔ بدن (Kg/m^2)	توصیف مداخلات تمرینی و کنترل	طول مداخله و نوع تمرین (جلسه در هفته)
آکتاش و همکاران، ۲۰۱۹ [۱۶]	۲۰ (زن)	سندرم تخمدان پُلی‌کیستیک	تناوبی: ۲۵/۱±۴/۶ کنترل: ۲۴/۶±۶/۷	تناوبی: ۲۸/۷±۶/۹ کنترل: ۲۸/۷±۴/۹	تمرین تناوبی: ۲ دقیقه دویدن و ۲ دقیقه راه رفتن تا ۳۰ دقیقه تداومی: دویدن با شدت متوسط در ۳۰ دقیقه	۱۲ هفته (۳)
آلمنینگ و همکاران، ۲۰۱۵ [۱۷]	۳۱ (زن)	سندرم تخمدان پلی کیستیک	۲۷/۲± ۵/۵	تناوبی :۲۶/۱±۶/۵ کنترل:۲۶/۵±۵/۰	تمرین تناوبی: چهار اینتروال ۴ دقیقه‌ای با شدت ۹۰ الی ۹۵ درصد ضربان قلب بیشینه با استراحت ۳ دقیقه‌ای	۱۰ هفته (۳)
عوض پور و همکاران، ۲۰۲۱ [۱۸]	۲۷ (زن)	پرستاران دارای اضافه وزن	تناوبی۱ :۲۵/۷۱±۰/۶۳ تناوبی۲ :۲۵/۹۱±۰/۵۷ کنترل: ۲۵/۸۱±۰/۶	تناوبی۱ :۲۳/۱۱±۳/۹ تناوبی۲ :۲۴/۱۵±۳/۶ کنترل:۲۳/۴۵±۳/۸	تمرین تناوبی ۱: ۸ ثانیه دویدن سریع با استراحت فعال ۱۲ ثانیه تمرین تناوبی ۲: آزمون رفت و برگشت ۴۰ متر با حداکثر سرعت	۴ هفته (۳)
بلوشر و همکاران، ۲۰۱۷ [۱۹]	۲۸ (زن و مرد)	افراد نوجوان چاق	تناوبی : ۱۵/۵±۱/۴	تناوبی: ۳۱/۲±۶/۴	تمرین تناوبی: ۶۰ دقیقه تمرین اینتروال با شدت ۸۰ الی ۹۵ درصد ضربان قلب بیشینه با استراحت فعال ۵۰ الی ۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه	۶ ماه (۲)
دونوالد و همکاران، ۲۰۱۹ [۲۰]	۱۴ (مرد و زن)	دیابت نوع ۲	تناوبی: ۵۹/۵±۵/۷ تداومی: ۵۹/۶±۵/۷	تناوبی: ۳۱/۸±۴/۶ تداومی: ۲۷/۸±۲۷/۸	تمرین تناوبی: ۴ دقیقه فعالیت با شدت ۸۵ درصد اکسیژن مصرفی بیشینه با استراحت فعال، ۳ دقیقه‌ای با ۶۰ درصد اکسیژن مصرفی بیشینه تمرین تداومی: ۵۰ دقیقه تمرین ورزشی با شدت ۶۰ درصد اکسیژن مصرفی بیشینه	۴ هفته (۳)
گروسا و همکاران، ۲۰۱۶ [۲۱]	۳۲ (زن و مرد)	بزرگسال چاق	تناوبی۱ :۶/۲ ± ۳۲/۶ تداومی۲: ۳۱/۰±۲/۵ تداومی: ۲۹/۶±۴/۹	تناوبی ۱: ۹/۳ ± ۴۱/۴ تداومی ۲: ۱۱/۶ ± ۵۰/۴ تداومی: ۱۱/۲ ± ۴۷/۴	تمرین تناوبی ۱: ۹۰ درصد ضربان قلب تمرین تناوبی ۲: ۷۰ درصد ضربان قلب ۵ بار در هفته تداومی: یک تداومی در هفته	۱۶ هفته (۳)
هیستون و همکاران، ۲۰۱۹ [۲۲]	۲۸ (مرد و زن)	اضافه وزن و چاق	تناوبی: ۶۰/۰±۷/۶ تداومی: ۶۱/۰±۹/۴	تناوبی: ۳۲/۰±۵/۰ تداومی: ۳۴/۰±۵/۹	تمرین تناوبی: ۶۰ دقیقه تمرین تناوبی با وهله‌های ۳ دقیقه ای با شدت ۹۰ درصد	۱۲ جلسه (۲هفته)

هوشمند مقدم و همکاران، ۲۰۲۱ [۲۳]	٤٥ (زن)	زنان چاق و دارای اضافه وزن مبتلا به سرطان سینه	۵۷/۰±۱/۰	۲۸/۰±۲/۲	ضربان قلب بیشینه با استراحت فعال با شدت ۵۰ درصد ضربان قلب بیشینه تمرین تداومی: ٦۰ دقیقه با شدت ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه تمرین تناوبی: ٤ الی ۷ ست فعالیت ۳۰ ثانیه‌ای با ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه با استراحت فعال دو دقیقه‌ای تمرین تداومی: ۲۰ دقیقه با ۵۵ تا ٦۵ درصد توان ماکزیمم	۱۲ هفته (۳)
خانواری و همکاران، ۲۰۲۱ [۲٤]	۳۰ (مرد)	اضافه وزن و چاق	تناوبی۱: ۱٤/۳۳±۱/٦۵ تناوبی۲: ۱٤/۸۸±۱/۲٦ کنترل: ۱٤/۳۳±۱/۵۸	تناوبی۱: ۲۷/۱٤±۱/۲۱ تناوبی۲: ۲٦/۷۲±۱/۳۹ کنترل: ۲۷/۰۳±۲/۱۸	تمرین تناوبی ۱: ٦۰ الی ۱۲ وهله فعالیت شدید با شدت ۱۰۰–۱۱۰ درصد حداکثر سرعت با استارحت غیرفعال تمرین تناوبی ۲: ۳–الی ٦ وهله فعالیت شدید با شدت ۹۰–۹۵ درصد حداکثر سرعت با استرات فعال با شدت ٤۵ درصد حداکثر سرعت	۸ هفته (۳ جلسه)
کزلوسکا و همکاران، ۲۰۲۱ [۲۵]	۲۷ (زن و مرد)	اضافه وزن و چاق	٤۲/۰±۱۳/۰	۳۱/٤±۳/۵	تمرین تناوبی: ۱۰ وهلهٔ فعالیت تناوبی شدید ٦۰ ثانیه‌ای با استراحت فعال ٦۰ ثانیه‌ای	٤ هفته (۵)
لگیت و همکاران، ۲۰۱۲ [۲٦]	۱۲ (مرد)	چاق و دارای اضافه وزن	۲۳/۷±۵/۲	۲۹/۱±۳/۱	تمرین تناوبی: وهلهٔ فعالیت ورزشی شدید ٤ دقیقه‌ای با شدت ۸۵ درصد اکسیژن مصرفی اوج	۲ هفته (۳)
مدسن و همکاران، ۲۰۱۵ [۲۷]	۲۳(زن و مرد)	افراد سالم و بیماران دیابت نوع ۲	تناوبی: ۵۲/۰±۲/۲ تناوبی: ۵٦/۰±۲/۰	-	تمرین تناوبی: ۱۰ وهله فعالیت شدید ٦۰ ثانیه‌ای بر روی دوچرخه ارگومتر	۸ هفته (۳)
رضایی و همکاران، ۲۰۱۳ [۲۸]	۳۸(مرد)	بیماران مبتلا به کبد چرب غیر الکلی	۲۸/۵±٦/۲	تناوبی: ۳۳/۱±۳/۱ کنترل: ۳۲/۲±۳/۵	تمرین تناوبی: ۱۰ تکرار ٦۰ ثانیه‌ای با شدت ۹۰ تا ۱۱۵ درصد برون ده توان اوج با استراحت فعال ٦۰ ثانیه‌ای	۱۲ هفته (۳)
همتی نفر و همکاران، ۲۰۱۳ [۲۹]	۱۸ (مرد)	غیرفعال	تناوبی: ۲٤/۳۳±۱/٤۱ کنترل: ۲۳/۲۷±۲/۰۱	تناوبی: ۲۳/۵٤±۲/٦ کنترل: ۲۳/۳۲±۲/۲۹	دویدن‌های متناوب با حد اکثرعت	٦ هفته (۳)
بهرام و همکاران، ۲۰۲۰ [۳۰]	۲۰ (مرد)	اضافه وزن	تناوبی: ۲۲/٦±۱/۵ کنترل: ۲۳/۳±۱/۱	تناوبی: ۲۷/٦±۱/۵ کنترل: ۲۷/۳±۱/۵	تناوبی: بالای ۹۰ درصد ضربان قلب کنترل: –	۸ هفته (۳)
لیث گو و همکاران، ۲۰۱۸ [۳۱]	۲۲ (زن و مرد)	دیابت نوع ۲	۳٤/۰±۹	۳۱/٤±۲/۸	تمرین تناوبی: ۱۰ تکرار یک دقیقه‌ای با یک دقیقه استراحت فعال با قدرت ۵۰ وات و در جلسات آخر تا ۱۲۰ وات	٦ هفته (۳)
عبد الملکی و همکاران، ۲۰۱٤ [۳۲]	۳٤ (مرد)	چاق	تناوبی:۳/۳ ± ۲۲/۵ تداومی: ٤/٤± ۲۲/۸ کنترل: ۳/۲ ± ۲۱/۷	تناوبی:۲/۵ ± ۳۳/٤ تداومی: ۲/۰± ۳۲/۷ کنترل: ۲/۲ ± ۳۲/۹	تمرین تناوبی: فزاینده بیشینه با کارسنج مونارک ٦۰ و ۷۰ وات دور در دقیقه تداومی: تداومی استقامتی پیش رونده	۱۲ هفته (۳)
ابوالفتحی و همکاران، ۲۰۱۵ [۳۳]	۱۸ (زن)	دیابت نوع ۲	تناوبی: ٤۷/۸۵±٤/۲ کنترل:٤۵/۲۵ ±٦/۸٦	۲٦/۷۰±۳/۱۷	تمرین تناوبی: رکاب زدن بر روی دوچرخه کارسنج با شدت ٦۵ تا ۸۰ حداکثر توان پا کنترل: –	۸ هفته (۳)
هوسپیان و همکاران، ۲۰۲۱ [۳٤]	۳۱ (زن)	چاق و دارای اضافه وزن	تناوبی: ۲۳/۲۰±۱/۳ کنترل: ۲۰/٦۹±۱/۷	≥۲۷	تمرین تناوبی: ٤×٤ تکرار با ۸۵ تا ۹۰ حداکثر ضربان قلب	۱۰ هفته (٤)

					کنترل: –	
سوری و همکاران، ۲۰۱۵ [۳۵]	۱۷ (کودکان و نوجوانان)	چاق	تناوبی: ۹/۵۸±۰/۳۵	۲۹/۸۹±۰/۹۵	تمرین تناوبی: وهله‌های ۳۰ ثانیه‌ای دویدن شدید و ۱/۵ دقیقه استراحت فعال	۸ هفته (۳)
نیک سرشت و همکاران، ۲۰۱٤ [۳٦]	۲۱ (مرد)	چاق	تناوبی: ۳۹/٦±۳/۷ کنترل: ۳۸/۹±٤/۱		تمرین تناوبی: ٤ وهله فعالیت ٤ دقیقه‌ای با شدت ۸۰–۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه با استراحت فعال ۳ دقیقه ای با شدت ۵۵–٦۵ درصد ضربان قلب بیشینه	۱۲ هفته (۳)
راسیل و همکاران، [۳۷]	۳۳ (مرد)	چاق	تناوبی:۰/۷ ± ۱۵/٦ تداومی: ±۰/۵۲ ۱٦/۳ کنترل: ۱/۲ ± ۱۵/۹	۱/٦ ± ۳۰/۸	تمرین تناوبی: دو تکرار ٦–۸ وهله فعالیت ۳۰ ثانیه‌ای با شدت ۱۰۰–۱۱۰ درصد ماکزیم سرعت هوازی با استراحت فعال ۳۰ ثانیه‌ای با ۵۰ درصد ماکزیمم سرعت هوازی تمرین تناوبی شدت متوسط: دو تکرار ٦–۸ وهله فعالیت ۳۰ ثانیه‌ای با شدت ۷۰–۸۰ درصد ماکزیم سرعت هوازی با استراحت فعال ۳۰ ثانیه‌ای با ۵۰ درصد ماکزیمم سرعت هوازی	۱۲ هفته (۳)
راسیل و همکاران، ۲۰۱۵ [۳۸]	٤۲ (زن)	چاق	تناوبی:۰/۹ ± ۱٦/٦ کنترل: ۱/۰ ± ۱٦/۹	–	تمرین تناوبی: دو تکرار ٦–۸ وهله فعالیت ۳۰ ثانیه‌ای با شدت ۱۰۰ درصد بیشینه سرعت هوازی با استراحت فعال ۳۰ ثانیه‌ای با ۵۰ درصد ماکزیمم سرعت هوازی	۱۲ هفته (۳)
عابدی و همکاران، ۲۰۱٦ [۳۹]	۳۵ (زن)	دیابتی نوع ددو	٤۵– ٦۰	تناوبی: ۲/۷۷ ± ۲۹/۵۷ کنترل: ٤/۱۷ ± ۲۹/۷۰	تمرین تناوبی: ٤–٦ وهله فعالیت شدید ۳۰ ثانیه‌ای با حداکثر توان با استراحت فعال ٤ دقیقه‌ای	۸ هفته (۳)



نمودار ۱- نمودار انباشت (Forest Plot) مربوط به اثر HIIT بر آدیپونکتین



نمودار ۲- نمودار انباشت (Forest Plot) مربوط به مقایسه اثر HIIT با MICT بر آدیپونکتین

جدول ۳- ارزیابی کیفیت مطالعات مورد بررسی در تحقیق

مطالعه- سال	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹
	معیار ورود	تصادفی بودن	پنهان بودن تصادفی	یکسان بودن در پیش آزمون	Assessors blind	٪۸۵ آزمودنی‌ها	Intention to treat (ITT)	تحلیل بین‌گروهی	Point Measure
آکتاش و همکاران، ۲۰۱۹ [۱٦]	✓	×	×	✓	×	✓	×	✓	✓
آلمنینگ و همکاران، ۲۰۱۵ [۱۷]	✓	✓	✓	×	×	✓	×	✓	✓
عوض پور و همکاران، ۲۰۲۱ [۱۸]	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓
بلوشر و همکاران، ۲۰۱۷ [۱۹]	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓
دونوالد و همکاران، ۲۰۱۹ [۲۰]	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	×
گروسا و همکاران ۲۰۱٦ [۲۱]	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓
هیستون و همکاران، ۲۰۱۹ [۲۲]	✓	?	×	✓	×	✓	×	✓	×
هوشمند مقدم و همکاران، ۲۰۲۱ [۲۳]	✓	✓	×	×	×	✓	×	✓	×
خانواری و همکاران، ۲۰۲۱ [۲٤]	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓
کزلوسکا و همکاران، ۲۰۲۱ [۲٥]	✓	✓	×	✓	×	×	×	✓	×
لگیت و همکاران، ۲۰۱۲ [۲٦]	✓	✓	×	×	×	✓	×	✓	✓
مدسن و همکاران، ۲۰۱٥ [۲۷]	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓
رضایی و همکاران، ۲۰۱۳ [۲۸]	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓
همتی نفر و همکاران، ۲۰۱۳ [۲۹]	✓	✓	×	×	✓	✓	×	✓	✓
بهرام و همکاران، ۲۰۲۰ [۳۰]	✓	✓	×	×	×	✓	×	✓	✓
لیث گو و همکاران، ۲۰۱۸ [۳۱]	✓	✓	✓	✓	×	✓	×	✓	✓
عبد الملکی و همکاران، ۲۰۱٤ [۳۲]	✓	?	×	✓	×	✓	×	✓	✓
ابوالفتحی و همکاران، ۲۰۱٥ [۳۳]	✓	?	×	×	×	؟	×	✓	✓
هوسپیان و همکاران، ۲۰۲۱ [۳٤]	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓
سوری و همکاران، ۲۰۱٥ [۳٥]	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓
نیک سرشت و همکاران، ۲۰۱٤ [۳٦]	✓	✓	✓	×	×	✓	×	✓	✓
راسیل و همکاران، ۲۰۱۳ [۳۷]	✓	✓	✓	×	×	✓	×	✓	✓
راسیل و همکاران، ۲۰۱٥ [۳۸]	✓	✓	✓	×	×	✓	×	✓	✓
عابدی و همکاران، ۲۰۱٦ [۳۹]	✓	✓	✓	✓	×	✓	×	✓	✓

بحث

آدیپونکتین عاملی مؤثر در اکسیداسیون چربی و جذب گلوکز در عضلات اسکلتی و کاهش گلوکز خروجی از کبد است [٤۰]. شواهد موجود نشان می‌دهد، کاهش مقادیر آدیپونکتین در جریان خون با افزایش شیوع و شدت بیماری‌های قلبی و عروقی و دیابت ناشی از چاقی و اضافه وزن در ارتباط است [٤۱]. از این‌رو، به‌عنوان هدف درمانی برای این بیماری‌های شناخته شده است. با این وجود، آثار تمرین‌های ورزشی بر این آدیپوکاین به خوبی درک نشده است و نتایج مطالعات بالینی متناقض است. مطالعهٔ حاضر با رویکرد فراتحلیل به‌دنبال پاسخ به این شکاف تحقیقاتی بود که نتایج نشان داد که HIIT اثرات قابل توجهی بر افزایش آدیپونکتین دارد و تفاوت معنی‌داری بین دو پروتکل تمرینی HIIT با MICT مشاهده نشد.

در دههٔ اخیر تمرکز خاصی بر پروتکل HIIT صورت گرفته که در فراتحلیل‌های قبلی گزارش کرده‌اند. این نوع تمرین‌های اثرات مفیدی بر کاهش تودهٔ چربی به‌ویژه چربی احشایی و کبد، بهبود برخی مارکرهای التهابی، عملکرد اندوتلیال و بهبود شاخص‌های گلایسمی دارد [٤۲، ۱٤-۱۲، ۹، ۷]. با وجود این، آثار HIIT بر مقادیر گردش خونی آدیپونکتین در فراتحلیل‌های قبلی کمتر بررسی شده است. در همین زمینه، Khalafi و همکاران گزارش کردند که HIIT منجر به افزایش معنی‌دار آدیپونکتین در افراد با اختلالات متابولیکی می‌شود که با نتایج مطالعهٔ حاضر هم‌خوانی دارد [٤۳]. با

این حال، تفاوت‌های بین مطالعه حاضر با فراتحلیل قبلی از نظر تعداد و طراحی مطالعات وارد شده، معیارهای ورود به تحقیق و ویژگی آزمودنی‌ها وجود داشت. صرف‌نظر از این نوع تفاوت‌ها، به‌نظر می‌رسد که HIIT منجر به افزایش آدیپونکتین به‌واسطهٔ کاهش تودهٔ چربی به‌ویژهٔ چربی احشایی و همچنین بهبود وضعیت التهابی در این بافت می شود. اگرچه شناخت سازکار تمرین بر افزایش آدیپونکتین از اهداف مطالعهٔ حاضر نیستند، با این حال، مطالعات بالینی انجام شده نشان داده‌اند که سطوح گردشی آدیپونکتین به‌واسطهٔ افزایش بیان آن در بافت چربی افزایش می‌یابد [٤٤]. این درحالی است که گسترش التهاب در بافت چربی و همچنین فعل و انفعالات بین چربی و ماکروفاژها به‌واسطهٔ مهار PPAR-γ[1] منجر به کاهش این هورمون می‌شود [٤٥]. در مقابل، HIIT منجر به بهبود متابولیسم و التهاب بافت چربی می‌شود [١١] و ممکن است به واسطهٔ افزایش PPAR-γ باعث تولید و بیان آن و به دنبالش افزایش سطح گردشی این هورمون شده باشد. از طرفی دیگر، با توجه به اثرات ضدالتهابی و بهبود دهنده مقاومت به انسولینی آدیپونکتین، همچنین اثرات مفید آدیپونکتین بر اکسیداسیون چربی و جذب گلوکز به عضلات اسکلتی، این احتمال وجود دارد که تمرین ورزشی حداقل در بخشی به‌واسطهٔ افزایش این آدیپوکاین اثرات مفید خود را اعمال کند. با این حال، درک اینکه تا چه اندازه این افزایش آدیپونکتین ممکن است در بهبود مقاومت به انسولین نقش داشته باشد از اهداف مطالعهٔ حاضر نبوده و نیاز به بررسی‌های بالینی بیشتری دارد.

علاوه براین، یافته‌های فراتحلیل حاضر نشان داد که HIIT منجر به افزایش غیر معنی‌دار آدیپونکتین نسبت به MICT می‌شود. این نتایج، با یافته‌های فراتحلیل قبلی هم‌خوانی دارد [٧]. مطالعات انجام شده گزارش کرده‌اند که شدت بالاتر از ٨٠ درصد VO2 max پتانسیل بیشتری برای افزایش آدیپونکتین دارد [٤٦]، با این وجود، هر دو پروتکل HIIT و MICT اثرات مفیدی بر ترکیب بدنی، بهبود مارکرهای التهابی و همچنین متابولیسم چربی دارند. در همین راستا، مطالعات حیوانی انجام شده نشان داده‌اند که افزایش PPAR-γ به‌عنوان تنظیم کنندهٔ آدیپونکتین با هر دونوع تمرین اتفاق می‌افتد [١١]. از سویی دیگر، فراتحلیل قبلی گزارش کرده‌اند که HIIT مشابه MICT منجر به بهبود ترکیب بدن و آمادگی قلبی تنفسی می‌شود [٤٧]. بنابراین، نباید تعجب‌آور باشد که ممکن است هر دو نوع تمرین به یک اندازه منجر به افزایش آدیپونکتین شده باشند. با این حال باید توجه داشت که تعداد مطالعات وارد شده به تحلیل HIIT در برابر MICT محدود بوده و ممکن است نتایج را تحت تأثیر قرار داده باشد. علاوه براین، با مقایسهٔ مدت زمان جلسات تمرینی بین دو نوع پروتکل، به خوبی مشخص می‌شود که HIIT اثرات مفید خود را در مدت زمان کمتری اعمال می‌کند. این یافته همچنان می‌تواند از اهمیت بالینی و مقرون به صرفه‌بودن HIIT حمایت کند، به‌ویژه اینکه زمان طولانی تمرین‌های تداومی ممکن است استفاده از این نوع تمرین‌ها را محدود کند.

علی‌رغم یافته‌های بالینی مهم مطالعهٔ حاضر، چندین محدودیت وجود داشت که باید در نظر گرفته شود. نخست، سطح بالایی از ناهمگونی در فراتحلیل به‌دست آمد که ممکن است به‌دلیل تفاوت در ویژگی آزمودنی‌ها، طراحی مطالعات، نوع پروتکل HIIT و رژیم غذایی باشد. دوم، اکثر افراد وارد شده به فراتحلیل حاضر دارای اختلال متابولیکی بودند و این نتایج نباید برای افراد سالم و تمرین کرده تعمیم داده شود.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی یافته‌های فراتحلیل حاضر نشان داد که HIIT روش تمرینی مؤثر و کارآمد برای افزایش مقادیر گردش خونی آدیپونکتین است. علی‌رغم عدم تفاوت قابل توجه بین دو نوع پروتکل HIIT و MICT باید در نظر داشت که HIIT همچنان یک روش تمرینی مقرون به صرفه از لحاظ زمانی برای افزایش آدیپونکتین است. با توجه به وضعیت متابولیکی آزمودنی‌های وارد شده به تحقیق حاضر که اکثرا دارای اختلالات متابولیکی از جمله چاقی، دیابت و سندرم تخمدان پُلی‌کیستیک بودند، استفاده از پروتکل HIIT احتمالاً می‌تواند در این گروه از افراد جامعه مؤثر باشد.

تضاد منافع

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

سپاسگزاری

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

[1] Peroxisome proliferator- activated receptor gamma

مآخذ

1. Hu FB. Overweight and obesity in women: health risks and consequences. *Journal of women's health*. 2003; 12(2):163-72.
2. Celik O, Yildiz BO. Obesity and physical exercise. Minerva Endocrinology. 2020;46(2):131-44.
3. Forsythe LK, Wallace JM, Livingstone MBE. Obesity and inflammation: the effects of weight loss. *Nutrition research reviews*. 2008; 21(2):117-33.
4. Shari M. Aqua exercises and adipoq gene polymorphism: impacts on the metabolic and obesity-related traits, physical fitness, and quality of life among obese women: PhD thesis, *Universiti Teknologi MARA*; 2021. Avilable on: https://ir.uitm.edu.my/id/eprint/59838/1/59838.pdf
5. Ouchi N, Walsh K. Adiponectin as an anti-inflammatory factor. *Clin Chim Acta*. 2007; 380 (1-2):24-30.
6. Ziemke F, Mantzoros CS. Adiponectin in insulin resistance: lessons from translational research. *The American journal of clinical nutrition*. 2010; 91(1):258S-61S.
7. Khalafi M, Symonds ME. The impact of high-intensity interval training on inflammatory markers in metabolic disorders: A meta-analysis. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. *Scand J Med Sci Sports*. 2020; 30(11):2020-2036
8. Khalafi M, Symonds ME, Akbari A. The impact of exercise training versus caloric restriction on inflammation markers: a systemic review and meta-analysis. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2022; 62(15):4226-41.
9. 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. *Obesity Reviews*. 2021; 22(9):e13275.
10. Khalafi M, Azali Alamdari K, Symonds ME, Rohani H, Sakhaei MH. A comparison of the impact of exercise training with dietary intervention versus dietary intervention alone on insulin resistance and glucose regulation in individual with overweight or obesity: a systemic review and meta-analysis. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 2022: 1-15.
11. Khalafi M, Mohebbi H, Symonds ME, Karimi P, Akbari A, Tabari E, et al. The impact of moderate-intensity continuous or high-intensity interval training on adipogenesis and browning of subcutaneous adipose tissue in obese male rats. Nutrients. 2020;12(4):925.
12. Khalafi M, Symonds ME. The impact of high intensity interval training on liver fat content in overweight or obese adults: A meta-analysis. *Physiology & Behavior*. 2021; 236:113416.
13. Khalafi M, Ravasi AA, Malandish A, Rosenkranz SK. The impact of high-intensity interval training on postprandial glucose and insulin: A systematic review and meta-analysis. *Diabetes Research and Clinical Practice*. 2022: 109815.
14. Khalafi M, Mojtahedi S, Ostovar A, Rosenkranz SK, Korivi M. High-intensity interval exercise versus moderate-intensity continuous exercise on postprandial glucose and insulin responses: A systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*. 2022; 23(8):e13459.
15. Khalafi M, Sakhaei MH, Kazeminasab F, Symonds ME, Rosenkranz SK. The impact of high-intensity interval training on vascular function in adults: A systematic review and meta-analysis. *Front Cardiovasc Med*. 2022; 17: 9:1046560.
16. Aktaş H, Uzun Y, Kutlu O, Pençe H, Özçelik F, Çil E, et al. The effects of high intensity-interval training on vaspin, adiponectin and leptin levels in women with polycystic ovary syndrome. *Archives of physiology and biochemistry*. 2022; 128(1):37-42.
17. Almenning I, Rieber-Mohn A, Lundgren KM, Shetelig Løvvik T, Garnaes KK, Moholdt T. Effects of high intensity interval training and strength training on metabolic, cardiovascular and hormonal outcomes in women with polycystic ovary syndrome: a pilot study. *Plos one*. 2015; 10(9):e0138793.
18. Avazpour S, Amini A. The effect of two high intensity interval training (HIIT) protocol on plasma levels of adiponectin, leptin and hypertension in overweight nurses. *Iranian Journal of Cardiovascular Nursing*. 2021; 10(1):102-9.
19. Blüher S, Käpplinger J, Herget S, Reichardt S, Böttcher Y, Grimm A, et al. Cardiometabolic risk markers, adipocyte fatty acid binding protein (aFABP) and the impact of high-intensity interval training (HIIT) in obese adolescents. *Metabolism*. 2017; 68:77-87.
20. Dünnwald T, Melmer A, Gatterer H, Salzmann K, Ebenbichler C, Burtscher M, et al. Supervised short-term high-intensity training on plasma irisin concentrations in type 2 diabetic patients. *International journal of sports medicine*. 2019; 40(03):158-64.
21. Gerosa-Neto J, Panissa VLG, Monteiro PA, Inoue DS, Ribeiro JPJ, Figueiredo C, et al. High-or moderate-intensity training promotes change in cardiorespiratory fitness, but not visceral fat, in obese men: A randomised trial of equal energy expenditure exercise. *Respiratory physiology & neurobiology*. 2019; 266:150-5.
22. Heiston EM, Eichner NZ, Gilbertson NM, Malin SK. Exercise improves adiposopathy, insulin sensitivity and metabolic syndrome severity independent of intensity. *Experimental physiology*. 2020; 105(4):632-40.
23. Hooshmand Moghadam B, Golestani F, Bagheri R, Cheraghloo N, Eskandari M, Wong A, et al. The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on inflammatory markers, body composition, and physical fitness in overweight/obese survivors of breast cancer: a randomized controlled clinical trial. *Cancers*. 2021; 13(17):4386.
24. Khanvari T, Vakili J, Sari Sarraf V. Effect of High-Intensity Interval Training on Leptin, Adiponectin, and Leptin/Adiponectin Ratio in Overweight Adolescent Boys. *Yafteh*. 2021; 23(3.(
25. Kozłowska-Flis M, Rodziewicz-Flis E, Micielska K, Kortas J, Jaworska J, Borkowska A, et al. Short and long-term effects of high-intensity interval training

applied alone or with whole-body cryostimulation on glucose homeostasis and myokine levels in overweight to obese subjects. *Frontiers in Bioscience-Landmark*. 2021; 26(11):1132-46.
26. Leggate M, Carter WG, Evans MJ, Vennard RA, Sribala-Sundaram S, Nimmo MA. Determination of inflammatory and prominent proteomic changes in plasma and adipose tissue after high-intensity intermittent training in overweight and obese males. *Journal of Applied Physiology*. 2012; 112(8):1353-60.
27. Madsen SM, Thorup AC, Bjerre M, Jeppesen PB. Does 8 weeks of strenuous bicycle exercise improve diabetes-related inflammatory cytokines and free fatty acids in type 2 diabetes patients and individuals at high-risk of metabolic syndrome? *Archives of physiology and biochemistry*. 2015; 121(4):129-38.
28. Rezaee Shirazi R. Effects of 12 weeks high intensity interval training on plasma Adiponectin, Leptin and insulin resistance in obese males with non-alcoholic fatty liver. *Metabolism and Exercise*. 2015; 5(1):23-34.
29. Azar JT, Hemmatinafar M, Nemati J. Effect of six weeks of high intensity interval training on leptin levels, lipid profile and fat percentage in sedentary young men. *Sport Sci*. 2018; 11(1):78-82.
30. Bahram ME, Pourrahim Ghouroghch A, Pourvaghar MJ, Ghyiami Taklimi H. Effect of 8-weeks High Intensity Interval Training on Adiponectin Plasma Level, Insulin, Insulin Resistance and Glucose in Overweight Young Men. *Sport Physiology & Management Investigations*. 2021; 12(4):141-51.
31. Lithgow HM, Florida-James G, Leggate M. The combined effect of high-intensity intermittent training and vitamin D supplementation on glycemic control in overweight and obese adults. *Physiological reports*. 2018; 6(9):e13684.
32. Abdolmaleki A, samavati sharif M, nikbakht nasrabadi p, amini r. The Effects of 12 Weeks of Low-volume High-intensity Interval Training and Traditional Continuous Exercise Training on Adiponectin Level and Lipids Profile in Obese Young Men. *Journal of Ilam University of Medical Sciences*. 2014; 22(5):150-9.
33. abolfathi f, ranjbar R, shakerian s, yazdan panah l. The Effect of Eight Weeks Aerobic Interval Training on Adiponectin Serum Levels, Lipid Profile and HS-CRP in Women With Type II diabetes. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism*. 2015; 17(4):316-24.
34. Hovsepian V, Marandi SM, Esfarjani F, Zavar R, Sadeghi M. The effect of all extremity high intensity interval training on athero-protective factors and endothelial function in overweight And obese women. *International Journal of Preventive Medicine*. 2021; 12.
35. Souri R, Akbari M, Kazemi A, Saei MA, Amani S. The Effect of High Intensity Training (HIT) on Serum Levels of Adiponectin and Leptin in Obese Children. *Journal of Sport Biosciences*. 2015; 7(4):593-603.
36. Nikseresht M, Sadeghifard N, Agha-Alinejad H, Ebrahim K. Inflammatory markers and adipocytokine responses to exercise training and detraining in men who are obese. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2014; 28(12):3399-410.
37. Racil G, Ben Ounis O, Hammouda O, Kallel A, Zouhal H, Chamari K, et al. Effects of high vs. moderate exercise intensity during interval training on lipids and adiponectin levels in obese young females. *European journal of applied physiology*. 2013; 113:2531-40.
38. Racil G, Zouhal H, Elmontassar W, Abderrahmane AB, De Sousa MV, Chamari K, et al. Plyometric exercise combined with high-intensity interval training improves metabolic abnormalities in young obese females more so than interval training alone. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*. 2016; 41(1):103-9.
39. Abedi B, Oghovat E. The Effect of 8 Weeks of High-Intensity Interval Training)HIIT) on Serum Adiponectin Levels and Insulin Resistance of Women with Type 2 Diabetes. *Journal of Sport Biosciences*. 2016; 8(3):411-25.
40. Yanai H, Yoshida H. Beneficial effects of adiponectin on glucose and lipid metabolism and atherosclerotic progression: mechanisms and perspectives. *International journal of molecular sciences*. 2019; 20(5):1190.
41. Lim S, Quon MJ, Koh KK. Modulation of adiponectin as a potential therapeutic strategy. *Atherosclerosis*. 2014; 233(2):721-8.
42. Maillard F, Pereira B, Boisseau N. Effect of high-intensity interval training on total, abdominal and visceral fat mass: a meta-analysis. *Sports Medicine*. 2018; 48:269-88.
43. Khalafi, M., & Symonds, M. E. (2020). The impact of high-intensity interval training on inflammatory markers in metabolic disorders: A meta-analysis. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 30(11), 2020-2036.
44. Degawa-Yamauchi M, Moss KA, Bovenkerk JE, Shankar SS, Morrison CL, Lelliott CJ, et al. Regulation of adiponectin expression in human adipocytes: effects of adiposity, glucocorticoids, and tumor necrosis factor α. *Obesity research*. 2005; 13(4):662-9.
45. Miyazaki S, Izawa T, Ogasawara J-e, Sakurai T, Nomura S, Kizaki T, et al. Effect of exercise training on adipocyte-size-dependent expression of leptin and adiponectin. *Life sciences*. 2010;86(17-18):691-8.
46. Garekani ET, Mohebbi H, Kraemer RR, Fathi R. Exercise training intensity/volume affects plasma and tissue adiponectin concentrations in the male rat. *Peptides*. 2011; 32(5):1008-12.
47. Su L, Fu J, Sun S, Zhao G, Cheng W, Dou C, et al. Effects of HIIT and MICT on cardiovascular risk factors in adults with overweight and/or obesity: A meta-analysis. *PloS one*. 2019; 14(1):e0210644.

The Effect of High-Intensity Interval Training Versus Moderate Intensity Continuous Training on Circulating Adiponectin Levels in Individuals With and Without Metabolic Disorders: A Systematic Review With Meta-Analysis

Mohammad Javad Pourvaghar*[1], Saeid Reza Noori Mofrad[1], Mousa Khalafi[1]

1. Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Humanities, University of Kashan, Kashan, Iran

ABSTRACT

Background: Adiponectin is one of the most well-known adipokines with anti-inflammatory effects that plays an important role in regulating the whole-body metabolism. The aim of this study was to investigate the effect of high-intensity interval training (HIIT) versus moderate intensity continuous training (MICT) on the circulating levels of adiponectin in individuals with and without metabolic disorders.
Methods: A systematic search was conducted in the databases of PubMed, Web of Science, Academic Jihad Center and Magiran using the keywords "HIIT" and "adiponectin" to identify Persian and English languages published articles until October 2022. Effect size (SMD) and 95% confidence interval were calculated using CMA2 software. I^2 test for calculation of the heterogeneity and visual interpretation of funnel plot test and Egger test for assessment of the publication bias were used.
Results: Data analysis of 28 interventions (24 studies) showed that HIIT resulted in a significant increase in adiponectin [0.40 CI: 0.12 to 0.68), P=0.004]. Also, the data analysis of eight interventions showed that HIIT led to a non-significant increase in adiponectin compared to the MICT [0.41 CI: -0.04 to 0.86), P=0.07].
Conclusions: The findings of the present study showed that HIIT is a suitable and efficient training method to increase adiponectin, especially in people with metabolic disorders.

Keywords: Interval training, Continues training, Adiponectin, Obesity

* Faculty of Humanities, University of Kashan, Kashan, Iran, and Postal Code: 8731753153, Phone: +983155913708, e-mail: vaghar@kashanu.ac.ir

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