

The Effect of High-Intensity Interval Training on Circulating Leptin Levels in Individuals With and Without Chronic Diseases: A Systematic Review and Meta-analysis

Mohammad Javad Pourvaghari^{1✉}, Saeed Reza Noori Mofrad², Mousa Khalafi³

1. Corresponding Author, Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Humanities, University of Kashan, Kashan, Iran. E-mail: vaghari@kashanu.ac.ir
2. Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Humanities, University of Kashan, Kashan, Iran. E-mail: Snoorimofrad@kashanu.ac.ir
3. Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Humanities, University of Kashan, Kashan, Iran. E-mail: Mousa.khalafi@kashanu.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Meta-analysis	Introduction: This study aimed to investigate the effect of High-Intensity Interval Training (HIIT) on serum leptin levels in individuals with and without chronic diseases.
Article history: Received: 25 January 2023 Received in revised form: 24 April 2023 Accepted: 25 April 2023 Published online: 25 April 2023	Methods: In this research, a systematic search was conducted in Persian and English articles published until December 2022, in Web of Science, Scopus, PubMed, SID, and Magiran databases using relevant keywords. After selecting the desired articles based on the inclusion criteria, a meta-analysis of the results was performed. Effect size (SMD) and 95% confidence interval were calculated using CMA2 software. The I ² test was used to identify the heterogeneity, and for the publication bias, the Funnel Plot test and the Egger test were used. All analyzes were performed using CMA2 software.
Keywords: <i>Continuous Training,</i> <i>Interval Training,</i> <i>Leptin,</i> <i>Obesity.</i>	Results: The results of data analysis showed that HIIT led to a significant decrease in serum leptin [-0.28 (CI: -0.07 to 0.48, p=0.008)]. Also, the data analysis of 9 interventions showed that there was no significant difference between HIIT and Medium Intensity Continuous Training (MICT) on circulating leptin levels [-0.03 (0.27 to 0.34 CI, p=0.82)]. The results of the subgroup analysis based on the health status of the subjects showed that HIIT resulted in a significant decrease in leptin in individuals with chronic diseases.
	Conclusion: HIIT leads to a decrease in circulating leptin levels, especially in individuals with chronic diseases. Despite the lack of significant differences between HIIT and MICT, HIIT is a time-efficient intervention for leptin reduction.

Cite this article: Pourvaghari M.J., Noori Mofrad S.R., & Khalafi M. The Effect of High-Intensity Interval Training on Circulating Leptin Levels in Individuals With and Without Chronic Diseases: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Sport Biosciences*. 2023; 15 (1):71-87.

DOI: <http://doi.org/10.22059/JSB.2023.354347.1570>



Journal of Sport Biosciences by University of Tehran Press is licensed under CC BY-NC 4.0.
Web site: <https://jsb.ut.ac.ir/> | Email: jsb@ut.ac.ir.

Extended Abstract

Introduction

Obesity is the result of an imbalance between energy intake and consumption, which leads to the accumulation of adipose tissue. Accumulation of adipose tissue, especially visceral fat, is associated with the development of metabolic diseases such as type 2 diabetes. Adipose tissue also acts as an active endocrine organ that leads to the production and secretion of adipokines. Adipokines secreted from adipose tissue play important physiological roles such as regulation of metabolism and body homeostasis, and regulation of inflammation as well as insulin resistance, which are known as therapeutic targets for many metabolic disorders such as obesity and diabetes. Leptin is known as one of the most important and well-known adipokines with pro-inflammatory effects. physical training is one of the effective therapeutic interventions for obesity and its related diseases, which leads to weight loss, improvement of whole body metabolism, and improvement of insulin resistance and inflammation. However, the effects of exercise depend on the type of exercise. In recent years, High-Intensity Interval Training (HIIT) has been recognized as one of the most effective exercise methods to prevent obesity. Therefore, this study aimed to investigate the effect of HIIT on serum leptin levels in individuals with and without chronic diseases.

Methods

A comprehensive search was conducted in Persian and English articles published until December 2022, in PubMed, Scopus, Web of Science, SID, and Magiran databases using relevant keywords. After selecting desired articles based on the inclusion criteria, a meta-analysis of the results was performed using CMA2 software. Effect size (SMD) and 95% confidence interval were calculated using random effect models. Heterogeneity was assessed using I^2 , and for the

publication bias, the Funnel Plot test and the Egger test were used.

Results

The results of data analysis showed that HIIT led to a significant decrease in leptin [-0.28 (CI: -0.07 to -0.48), $p=0.008$]. Also, the data analysis of 9 interventions showed that there was no significant difference between HIIT and Medium Intensity Continuous Training (MICT) on circulating leptin levels [-0.03, (CI:-0.34 to 0.27), $p=0.82$]. The results of the subgroup analysis based on health status showed that HIIT leads to a significant reduction of leptin in people with chronic diseases.

Conclusion

In general, the findings of this study showed that HIIT is an effective training method to reduce leptin in people with chronic diseases, while healthy people may not be affected by this type of training. The beneficial effects of HIIT were shown in individuals with chronic diseases, which indicates that the reduction of leptin following HIIT may be one of the effective factors in improving the health indicators of these people. In addition, despite the lack of significant differences between HIIT and MICT protocols, HIIT appears to be a time-efficient exercise method for leptin reduction.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines: Not applicable.




Funding: This research did not receive any specific grant or other extramural funding.

Authors' contribution: Mohammad Javad Pourvagher, Saeed Reza Noori Mofrad, and Mousa Khalafi carried out the screenings and reviews, analyzing data, performing a meta-analysis, and drafting the manuscript. All authors read and approved the final version of the manuscript.

Conflict of interest: The authors declare that there are no conflicts of interest.



تأثیر تمرین تناوبی با شدت بالا بر سطوح لپتین گردش در افراد با و بدون بیماری‌های مزمن: مروری نظام‌مند و فراتحلیل

محمدجواد پوروقار^۱ , سعیدرضا نوری مفرد^۲ , موسی خلفی^۳ 

۱. نویسنده مسؤل، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران. رایانامه: Vaghar@kashanu.ac.ir

۲. گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران. رایانامه: Snoorimofrad@kashanu.ac.ir

۳. گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران. رایانامه: Mousa.khalafi@kashanu.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: فراتحلیل	مقدمه: هدف تحقیق حاضر بررسی اثر تمرین با شدت بالا (HIIT) بر سطح سرمی لپتین افراد با و بدون بیماری‌های مزمن بود.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۰۵	روش پژوهش: در این تحقیق از جست‌وجوی نظام‌مند در مقالات فارسی و انگلیسی منتشرشده تا دسامبر ۲۰۲۲، در پایگاه‌های اطلاعاتی وب آف ساینس، اسکاپوس، پایمد، مرکز جهاد دانشگاهی و مگیران با استفاده از کلیدواژه‌های مربوط استفاده شده است. پس از انتخاب مقالات موردنظر و بر اساس معیارهای ورود به تحقیق، فراتحلیل نتایج انجام گرفت. اندازه اثر (SMD) و فاصله اطمینان ۹۵ درصد، با استفاده از نرم‌افزار CMA2 محاسبه شد. برای بررسی ناهمگونی، از آزمون I^2 و برای سوگیری انتشار از آزمون فونل پلات و تست Egger استفاده شد. تمامی تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار CMA2 انجام گرفت.
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۲/۰۴	یافته‌ها: نتایج تحلیل داده‌ها نشان داد که HIIT به کاهش معنادر لپتین [$P=0/008$ ، $(CI: -0/48$ تا $-0/07)$ ، $-0/28$] منجر شد. همچنین آنالیز داده‌های ۹ مداخله نشان داد که تفاوت معناداری بین HIIT و تمرین تداومی (MICT) بر مقادیر گردش لپتین وجود نداشت ($P=0/82$ ، $(CI: -0/34$ تا $0/27)$ ، $-0/03$]. نتایج تحلیل زیرگروهی بر اساس وضعیت سلامتی آزمودنی‌ها نشان داد که HIIT به کاهش معنادر لپتین در افراد با بیماری‌های مزمن منجر می‌شود.
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۰۵	بحث: HIIT به کاهش مقادیر گردش خونی لپتین، به‌ویژه در افراد با بیماری‌های مزمن منجر می‌شود. با وجود عدم تفاوت معنادار بین HIIT، MICT و HIIT مداخله مقرون به صرفه از لحاظ زمانی برای کاهش لپتین است.
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۲/۰۵	کلیدواژه‌ها: تمرین تناوبی، تمرین تداومی، چاقی، لپتین

استناد: پوروقار، محمدجواد؛ سعیدرضا، نوری مفرد؛ و خلفی، موسی. تأثیر تمرین تناوبی با شدت بالا بر سطوح لپتین گردش در افراد با و بدون بیماری‌های مزمن:

مروری نظام‌مند و فراتحلیل. نشریه علوم زیستی ورزشی. ۱۴۰۲؛ ۱۵(۱): ۸۷-۷۱.

DOI:

<http://doi.org/10.22059/JSB.2023.354347.1570>

دسترسی به این نشریه علمی، رایگان است و حق مالکیت فکری خود را بر اساس لایسنس کرییتیو کامنز (CC BY-NC 4.0) به

نویسندگان واگذار کرده است. آدرس نشریه: <https://jsb.ut.ac.ir/> | ایمیل: jsb@ut.ac.ir



مقدمه

چاقی نتیجه عدم تعادل بین انرژی دریافتی و مصرفی است که منجر به انباشت بافت چربی می‌شود. انباشت بافت چربی به‌ویژه چربی احشایی با توسعه بیماری‌های متابولیکی مانند دیابت نوع ۲ همراه است. بافت چربی علاوه بر ذخیره انرژی، به‌عنوان یک ارگان درون‌ریز فعال عمل می‌کند که به تولید و ترشح آدیپوسایتوکین‌ها منجر می‌شود (۱). آدیپوکاین‌های مترشحه از بافت چربی تأثیرات فیزیولوژیکی مهم مانند تنظیم سوخت‌وساز و هموستاز بدن، تنظیم التهاب و همچنین مقاومت به انسولین ایفا می‌کنند، که هدف درمانی بسیاری از اختلالات متابولیکی مانند چاقی و دیابت محسوب می‌شود (۱).

آدیپوکاین‌های مشتق از بافت چربی به‌طور کلی تأثیرات پیش‌التهابی یا ضدالتهابی دارند که لپتین به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و شناخته‌شده‌ترین آدیپوکاین‌ها دارای تأثیرات پیش‌التهابی شناخته‌شده است (۲). لپتین به‌عنوان یک آدیپوکاین در گردش، به‌گیرنده لپتین در هسته کمائی هیپوتالاموس متصل می‌شود، جایی که به‌عنوان یک هورمون سرکوب‌کننده اشتها عمل می‌کند که مصرف غذا و انرژی را تنظیم می‌کند (۳). علاوه بر این، لپتین در فرایندهای متابولیکی و فیزیولوژیکی دیگری از جمله تنظیم وزن بدن، متابولیسم گلوکز و چربی، التهاب و مقاومت به انسولین نقش دارد (۴). تحقیقات انجام‌گرفته نشان داده‌اند که اختلالات و بیماری‌های متابولیکی مانند چاقی و دیابت نوع ۲ و همچنین بیماری‌های قلبی-عروقی با افزایش مقادیر گردش لپتین همراه‌اند (۴، ۵). علاوه بر این، تحقیقات انجام‌گرفته نشان داده‌اند چاقی و اختلالات متابولیکی با هایپرلپتینمی ناشی از مقاومت به لپتین نیز همراه است که بهبود مقاومت به لپتین می‌تواند هدف درمانی برای بیماری‌های متابولیکی باشد (۵).

تمرینات ورزشی منظم از مداخلات درمانی مؤثر برای چاقی و بیماری‌ها مرتبط با آن است که به کاهش وزن، بهبود سوخت‌وساز کل بدن، بهبود مقاومت به انسولین و همچنین التهاب منجر می‌شود. با این حال، تأثیرات تمرینات ورزشی به نوع تمرین ورزشی وابسته است که در سال‌های اخیر تمرین تناوبی با شدت بالا به‌عنوان یکی از مؤثرترین روش‌های تمرینی برای افراد چاق و بیماران مرتبط با آن شناخته شده است (۶-۹). HIIT شامل وهله‌های فعالیت شدید با دوره‌های خاصی از استراحت است و معمولاً در شدت‌هایی بین ۸۰ تا ۱۰۰ درصد ضربان قلب بیشینه یا حداکثر اکسیژن مصرفی انجام می‌گیرد (۶، ۷).

تحقیقات فراتحلیل انجام‌گرفته قبلی تأثیرات مفیدی از این نوع تمرینات در بهبود مقاومت به انسولین، کاهش توده چربی به‌ویژه چربی احشایی و کبدی و بهبود آمادگی قلبی تنفسی گزارش کرده‌اند که برخی از نتایج حتی اثرات بزرگ‌تری از این نوع تمرینات نسبت به تمرین تداومی با شدت متوسط^۲ ارائه کرده‌اند (۸، ۹). در زمینه لپتین، مطالعات بالینی انجام‌شده نشان داده‌اند که این نوع تمرینات ممکن است به کاهش لپتین منجر شود؛ با وجود این پژوهش‌های دیگر عدم تغییرات چشمگیر را گزارش کرده‌اند (۱۰، ۱۱).

فراتحلیل خلفی و همکاران (۲۰۲۰) نیز در افراد با اختلالات متابولیکی نیز پیشنهاد کرده است که ممکن است HIIT منجر به کاهش لپتین شود. با این حال، فراتحلیل قبلی تعداد کمی از تحقیقات انجام‌گرفته بود که تنها به مطالعات چاپ‌شده در مجلات انگلیسی‌زبان محدود بود (۱۲). با توجه به وجود مطالعات بالینی جدید و اضافه کردن مقالات چاپ‌شده در مجلات فارسی امکان بررسی دقیق‌تر تأثیر HIIT بر لپتین و همچنین مقایسه بین دو نوع پروتکل HIIT با MICT فراهم شده است. از این‌رو هدف تحقیق حاضر بررسی تأثیر HIIT بر مقادیر گردش لپتین در افراد با و بدون بیماری‌های مزمن است.

1. High intensity interval training (HIIT)

2. Moderate-intensity continous training (MICT)

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نوع مطالعات مروری نظام‌مند همراه با فراتحلیل است که بر اساس دستورالعمل کاکرین (و موارد ترجیحی در گزارش مرورهای نظام‌مند و فراتحلیل انجام گرفته است).

روش جست‌وجوی داده‌ها

جست‌وجوی جامع در پایگاه‌های اطلاعاتی وب آف ساینس، اسکاپوس، پابمد، مرکز جهاد دانشگاهی و مگیران با استفاده از کلیدواژه‌های تخصصی تا دسامبر ۲۰۲۲ انجام گرفت. کلیدواژه‌های به کار گرفته شده شامل موارد زیر بود:

"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 "Leptin"

علاوه بر این، فهرست مقالات استخراج شده به روش دستی جست‌وجو شد. جست‌وجوی دستی در سایت Google Scholar نیز انجام شد. برای یافتن مقالات فارسی کلیدواژه‌های «تمرین تناوبی»، «تمرین تناوبی شدید»، «تمرین تناوبی با شدت بالا»، «تمرین سرعتی» و «لپتین» استفاده شد. جست‌وجو در پایگاه‌های اطلاعاتی به صورت مستقل توسط دو نویسنده (م ج پ، س ر ن م) انجام شد و هرگونه اختلاف نظر از طریق مشورت با نویسنده سوم (م خ) حل شد.

معیارهای ورود و خروج

مطالعاتی با ویژگی‌های زیر وارد فراتحلیل حاضر شدند: ۱. مطالعات چاپ شده در مجلات انگلیسی و فارسی‌زبان، ۲. مطالعات با آزمودنی‌های انسان صرف نظر از وضعیت سلامتی، سن و جنس، ۳. مطالعات بررسی کننده اثر (HIIT) با طول مداخله بیشتر از دو هفته و ۴. مطالعات با اندازه‌گیری مقادیر سرمی یا پلاسمایی لپتین. در خصوص نوع مطالعات، مداخلات کارآزمایی بالینی با و بدون گروه کنترل وارد تحقیق شدند. در خصوص نوع مداخله (HIIT)، پروتکل ورزشی است که به وهله‌های فعالیت ورزشی با شدت بالا اشاره دارد که در محدوده ۸۰ تا ۱۰۰ درصد ضربان قلب بیشینه، با دوره‌های استراحت فعال یا غیرفعال انجام گرفت. تمرینات تناوبی سرعتی (SIT) هم در این پژوهش نقش داشت که شامل وهله‌های فعالیت ورزشی با شدت حداکثر یا فوق حداکثر توان با دوره‌های استراحتی فعال و غیرفعال است، که به عنوان نوعی از تمرینات HIIT دسته‌بندی شد. در خصوص آزمودنی‌ها، محدودیتی برای سن، جنس و وضعیت سلامتی افراد اعمال نشد.

استخراج داده‌ها

استخراج داده‌ها به صورت مستقل توسط دو نویسنده انجام شد و هر نوع اختلاف نظر از طریق مشورت با نویسنده سوم حل شد. اطلاعات جمع‌آوری شده شامل موارد زیر بود: ۱. ویژگی‌های مطالعات شامل نوع مطالعه و حجم نمونه، ۲. ویژگی‌های آزمودنی‌ها شامل سن و شاخص توده بدنی (BMI)، ۳. ویژگی‌های مداخلات ورزشی شامل نوع تمرین، شدت تمرین، مدت تمرین، تواتر جلسات ورزشی در هفته و طول مداخلات ورزشی و ۴. مقادیر لپتین و روش اندازه‌گیری آن. همچنین برای انجام فراتحلیل حاضر میانگین و انحراف استاندارد مقادیر لپتین در مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون یا میانگین تغییرات (اختلاف پس‌آزمون با پیش‌آزمون) و انحراف استاندارد مربوط به آن استخراج شدند. در صورت نیاز، داده‌های مورد نیاز با استفاده از نرم‌افزار Get data از نمودار استخراج شدند. همچنین در صورت نیاز

¹. Cochrane

². Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA)

داده‌های مورد نیاز از مقادیر میانه، انحراف چارکی و خطای معیار برآورد شدند. علاوه بر این، در صورت نیاز برای استخراج داده‌ها با نویسندهٔ مسئول مربوط به مقالات مکاتبه شد (نمودار ۱).

ارزیابی کیفیت مطالعات

ارزیابی کیفیت مطالعات وارد شده به تحقیق حاضر با استفاده از چک‌لیست Pedro توسط نویسندگان به صورت مستقل انجام گرفت و هرگونه تناقض و اختلاف نظر از طریق مشورت با نویسندهٔ سوم حل شد. این چک‌لیست شامل ۱۱ معیار است که معیارهای کور کردن شرکت‌کنندگان و کور کردن مداخله‌گر به دلیل عدم اجرا در مداخلات ورزشی کنار گذاشته شد (۱۳). بنابراین ارزیابی کیفیت مطالعات با استفاده از ۹ معیار صورت گرفت که در جدول ۲ ارائه شده است.

فرا تحلیل

بر اساس اهداف تحقیق حاضر دو تحلیل مستقل شامل تأثیر HIIT و همچنین مقایسه تأثیر HIIT با تمرین تداومی با شدت متوسط بر مقادیر گردشی لپتین انجام گرفت. در خصوص تأثیر HIIT بر لپتین، بر اساس مطالعات فراتحلیل قبلی دو نوع داده وارد شدند. برای مطالعاتی که دارای گروه HIIT و کنترل بودند، داده‌های مربوط به پیش‌آزمون و پس‌آزمون هر دو گروه وارد شدند. برای مطالعات تک‌گروهی تنها مقایسهٔ پس‌آزمون در برابر پیش‌آزمون گروه HIIT وارد فراتحلیل شدند. برای محاسبهٔ اندازهٔ اثر، مقادیر SMD و فاصلهٔ اطمینان ۹۵ درصد (CIs) با استفاده از روش مدل اثر تصادفی محاسبه شد. به منظور بررسی ناهمگونی یا عدم تجانس مطالعات، از آزمون I^2 استفاده شد که تحلیل مقادیر ناهمگونی بر اساس دستورالعمل کوکران صورت گرفت که مقادیر I^2 کمتر از ۲۵ درصد ناهمگونی خفیف، بیشتر از ۲۵ درصد ناهمگونی کم، بیشتر از ۵۰ درصد ناهمگونی متوسط و بیشتر از ۷۵ درصد ناهمگونی بالا را نشان می‌داد. به منظور بررسی سوگیری انتشار از تحلیل بصری فونل پلات^۱ و نتیجهٔ تست Egger استفاده شد که سطح معناداری $P < 0.01$ در نظر گرفته شد (۱۳). تمام آزمون‌های آماری با استفاده از CMA2 صورت گرفت.

یافته‌های پژوهشی

نتایج جست‌وجو

در مجموع ۶۷۰ مقاله از جست‌وجوی نظام‌مند مستخرج شدند که برای انجام اسکرین وارد نرم‌افزار End Note نسخه ۲۰ شدند. پس از حذف مقالات تکراری، ۵۲۸ مقاله وارد اسکرین اولیه شدند که در نهایت ۴۳۲ مقاله پس از بررسی عنوان و چکیده حذف شدند. از بین ۹۶ مقالهٔ باقی‌مانده ۷۴ مقاله به دلایل ذکر شده در نمودار ۱ حذف شدند. در نهایت ۲۲ مطالعه وارد فراتحلیل حاضر شد (نمودار ۱).

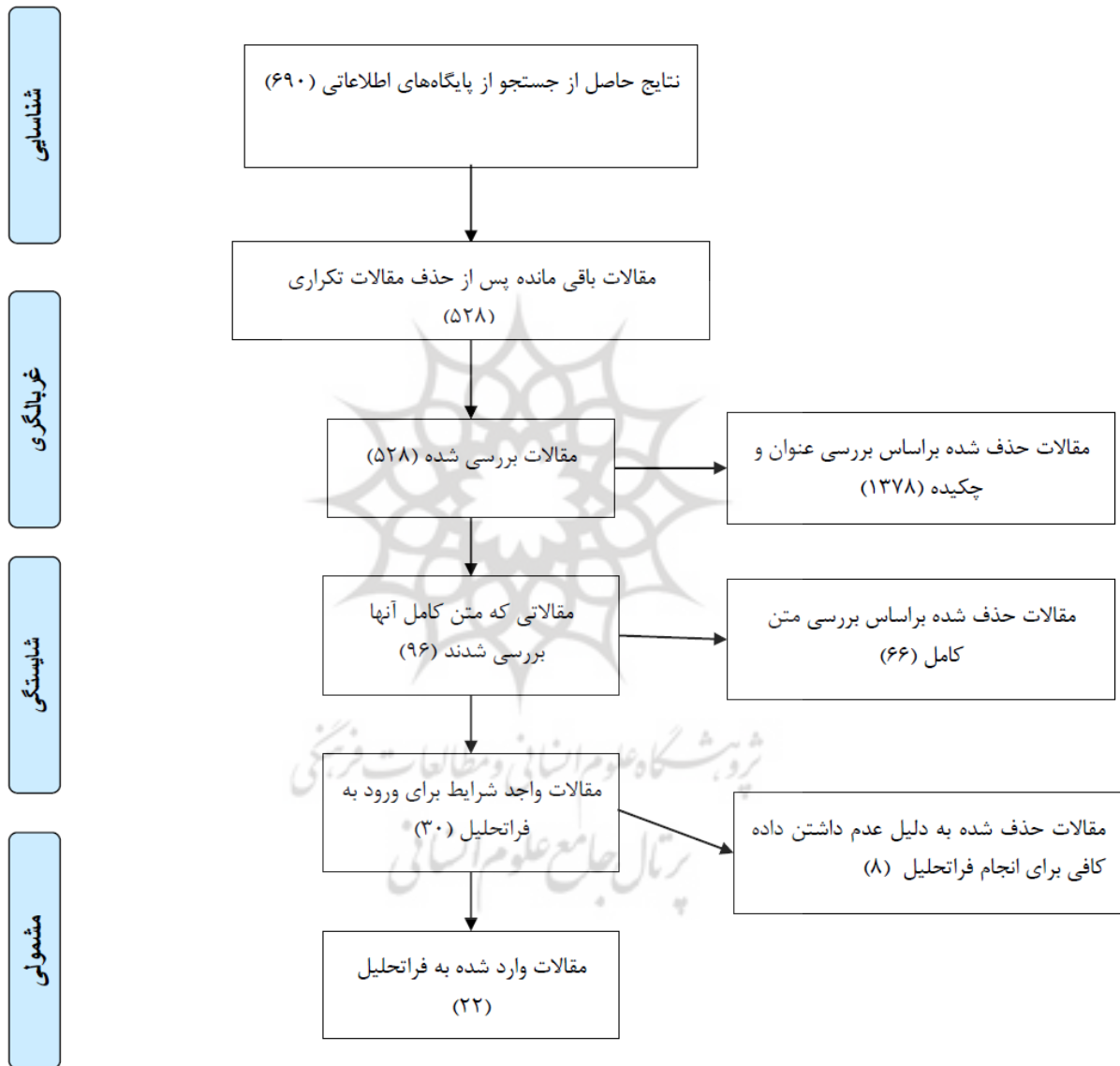
ویژگی آزمودنی‌ها

در مجموع ۵۴۵ آزمودنی از ۲۲ مطالعه وارد فراتحلیل حاضر شدند. افراد حاضر در تحقیق شامل بیماران دیابتی زن و مرد به تعداد ۸۷ نفر، افراد دارای اضافه وزن (زن و مرد) به تعداد ۱۸۳ نفر بودند. همچنین ۸۵ زن دارای بیماری‌های سندروم تخمدان پلی‌کیستیک و مبتلا به سرطان سینه بودند. دامنهٔ سنی آزمودنی‌ها تقریباً ۱۵ تا ۶۱ سال و دامنهٔ BMI آنها تقریباً ۲۳ تا ۳۶ کیلوگرم بر متر مربع بود. آزمودنی‌های وارد شده به تحقیق حاضر پیش از شروع مداخلات در فعالیت ورزشی منظم شرکت نکرده بودند.

¹. Funnel plot

پروتکل‌های تمرین

جزئیات کامل پروتکل‌های تمرین در جدول ۱ ارائه شده است. تمام مطالعات وارد شده به تحقیق حاضر از پروتکل HIIT استفاده کرده بودند. طول مداخلات ورزشی از دو هفته تا شش ماه بود که هشت هفته بیشترین تکرار را در بین مطالعات داشت. تمامی مطالعات از سه جلسه فعالیت ورزشی در هفته استفاده کرده بودند.



نمودار ۱. فلوجارت جستجو

جدول ۱. ویژگی آزمودنی‌ها و پروتکل‌های تمرین

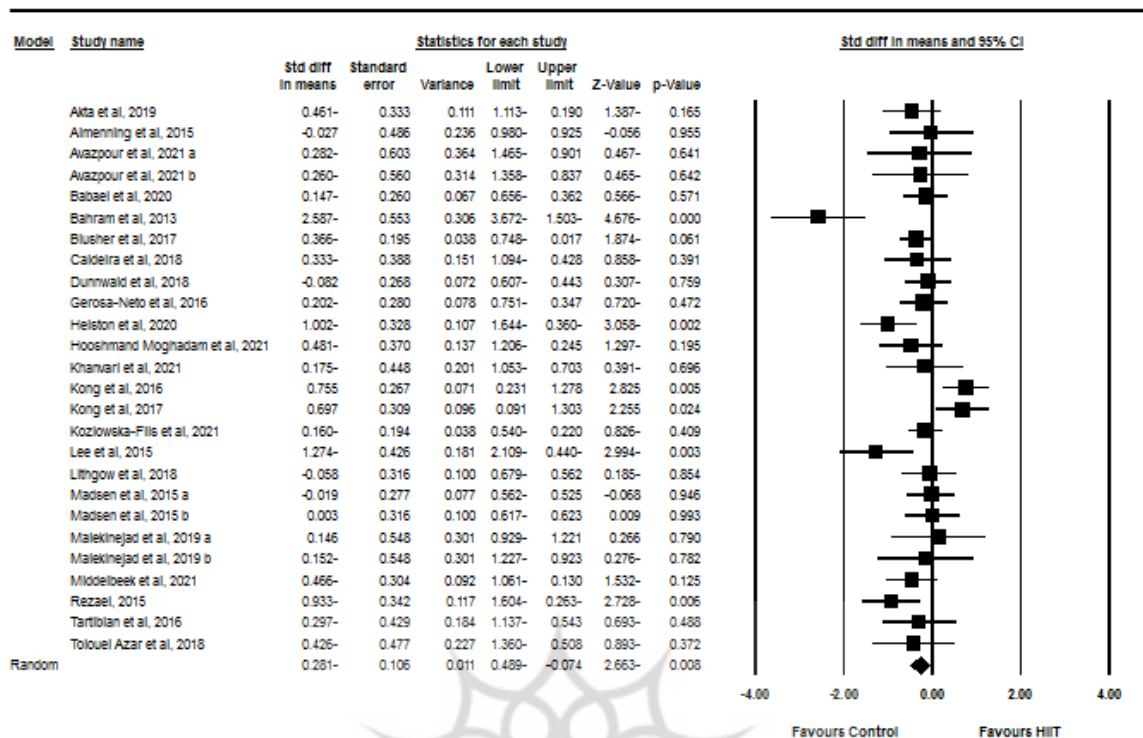
مطالعه (سال)	نوع مطالعه	نمونه (جنسیت)	ویژگی آزمودنی‌ها	سن (سال)	شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	توصیف مداخلات تمرینی و کنترل	طول مداخله و نوع تمرین (جلسه در هفته)
آکناش و همکاران، ۲۰۱۹ (۱۴)	غیرتصادفی بدون گروه کنترل	۲۰ (زن)	سندرم تخمدان پلی کیستیک	تناوبی: ۲۵/۱±۴/۶ کنترل: ۲۴/۶±۶/۷	تناوبی: ۲۸/۷±۶/۹ کنترل: ۲۸/۷±۴/۹	تمرین تناوبی: ۲ دقیقه دویدن و ۲ دقیقه راه رفتن تا ۳۰ دقیقه دویدن با شدت متوسط در ۳۰ دقیقه تداومی:	۱۲ هفته (۳)
لمنینگ و همکاران، ۲۰۱۵ (۱۵)	تصادفی با گروه کنترل	۲۰ (زن)	سندرم تخمدان پلی کیستیک	±۲/۲۷ ۵/۵	تناوبی: ۲۶/۱±۶/۵ کنترل: ۲۶/۵±۵/۰	تمرین تناوبی: چهار اینتروال ۴ دقیقه‌ای با شدت ۹۰ تا ۹۵ درصد ضربان قلب بیشینه با استراحت ۳ دقیقه‌ای	۱۰ هفته (۲)
عوض پور و همکاران، ۲۰۲۱ (۱۶)	تصادفی با گروه کنترل	۲۷ (زن)	پرستاران دارای اضافه وزن	تناوبی ۱: ۲۵/۷۱±۰/۶۳ تناوبی ۲: ۲۵/۹۱±۰/۵۷ کنترل: ۲۵/۸۱±۰/۶	تناوبی ۱: ۲۳/۱۱±۳/۹ تناوبی ۲: ۲۳/۱۵±۳/۶ کنترل: ۲۳/۴۵±۲/۸	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)
بابایی، ۲۰۲۰ (۱۷)	تک گروهی	۱۵ (زن)	چاق	تناوبی: ۳۳/۲۱±۰/۳۵	تناوبی: ۳۱/۱±۰/۳۵	تمرین تناوبی: ۵ تا ۶ تکرار ۲ تا ۳ دقیقه‌ای با شدت ۶۰ تا ۸۰ درصد ضربان قلب (یا شاخص بوگ ۱۲ تا ۱۶)	۹ هفته (۴)
بهرام و مقنسی، ۲۰۱۲ (۱۸)	تصادفی با گروه کنترل	۲۴ (زن)	اضافه وزن	تناوبی: ۲۲/۶۰±۰/۹۷ کنترل: ۲۲/۴۰±۰/۱۱۳	تناوبی: ۲۰/۸±۱/۳۷ کنترل: ۲۹/۳۳±۱/۰۷	تمرین تناوبی: آزمون حداکثر سرعت دویدن ۳۰ ثانیه با دوره استراحت ۲۰ ثانیه	۱۲ هفته (۲)
بلوش و همکاران، ۲۰۱۷ (۱۹)	تک گروهی	۲۸ (زن و مرد)	افراد نوجوان چاق	تناوبی: ۱۵/۱±۵/۴	تناوبی: ۳۱/۲±۶/۴	تمرین تناوبی: ۶۰ دقیقه تمرین اینتروال با شدت ۸۰ تا ۹۵ درصد ضربان قلب بیشینه با استراحت فعال ۵۰ تا ۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه	۶ ماه (۲)
کالدرا و همکاران، ۲۰۱۸ (۲۰)	دوگروهی بدون گروه کنترل	۲۰ (مرد)	غیر چاق	تناوبی: ۲۴/۶±۳/۷ تداومی: ۲۶/۹±۴/۷	تناوبی: ۲۳/۵۶±۵/۳۵ تداومی: ۲۳/۲۱±۱/۴۲	تمرین تناوبی: ۱ دقیقه دویدن با سرعت بالا با ۱ دقیقه استراحت غیرفعال تا اتمام ۵ کیلومتر ۵ کیلومتر دویدن با ۷۰ درصد اکسیژن مصرفی تداومی:	۵ هفته (۳)
دونالد و همکاران، ۲۰۱۹ (۲۱)	دو گروه بدون گروه کنترل	۱۴ (مرد و زن)	دیابت نوع ۲	تناوبی: ۵۹/۵±۶/۰ تداومی: ۵۹/۶±۵/۷	تناوبی: ۳۱/۸±۴/۶ تداومی: ۲۷/۸±۲/۸	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، ۲۰۱۹ (۲۲)	دو گروه با گروه کنترل	۲۲ (مرد)	مردان بزرگسال چاق	۲۹/۴±۶/۹	تناوبی: ۳۴/۲±۲/۲ تداومی: ۳۵/۹±۴/۳ کنترل: ۳۵/۴±۲/۲	تمرین تناوبی: یک وهله فعالیت شدید با ۱۰۰ درصد MAV با یک دقیقه استراحت غیرفعال تمرین تداومی: ۳۰ دقیقه فعالیت ورزشی با ۶۰ درصد MAV	۶ هفته (۳)
هیستون و همکاران، ۲۰۱۹ (۲۳)	دو گروه بدون گروه کنترل	۲۸ (مرد و زن)	اضافه وزن و چاق	تناوبی: ۶۰/۰±۷/۶ تداومی: ۶۱/۰±۹/۴	تناوبی: ۴۲/۰±۵/۰ تداومی: ۳۴/۰±۵/۹	تمرین تناوبی: ۶۰ دقیقه تمرین تناوبی با وهله‌های ۳ دقیقه‌ای با شدت ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه با استراحت فعال با شدت ۵۰ درصد ضربان قلب بیشینه تمرین تداومی: ۶۰ دقیقه با شدت ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه	۱۲ جلسه (۲ هفته)
هوشمند مقدم و همکاران، ۲۰۲۱ (۲۴)	دو گروه با گروه کنترل	۴۵ (زن)	زنان چاق و دارای اضافه وزن مبتلا به سرطان سینه	۵۷/۱±۰/۰	۲۸/۲±۰/۲	تمرین تناوبی: ۴ تا ۷ وهله فعالیت ۳۰ ثانیه‌ای با ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه با استراحت فعال دوقدقیقه‌ای تمرین تداومی: ۲۰ دقیقه با ۵۵ تا ۶۵ درصد توان ماکزیمم	۱۲ هفته (۳)
خانباری و همکاران، ۲۰۱۹ (۲۵)	سه گروه با گروه کنترل	۳۰ (مرد)	اضافه وزن و چاق	تناوبی ۱: ۱۴/۳۳±۱/۶۵ تناوبی ۲: ۱۴/۸۸±۱/۲۶ کنترل: ۱۴/۳۳±۱/۵۸	تناوبی ۱: ۲۷/۱۴±۱/۲۱ تناوبی ۲: ۲۶/۷۲±۱/۳۹ کنترل: ۲۷/۰۳±۲/۱۸	تمرین تناوبی ۱: ۶۰ تا ۱۲ وهله فعالیت شدید با شدت ۹۰-۱۱۰ درصد حداکثر سرعت با استراحت غیرفعال تمرین تناوبی ۲: ۲-۶ وهله فعالیت شدید با شدت ۹۰-۹۵ درصد حداکثر سرعت با استراحت فعال با شدت ۴۵ درصد حداکثر سرعت	۸ هفته (۳ جلسه)
کنگ و همکاران، ۲۰۱۶ (۲۶)	دو گروه	۱۸ (زن)	زنان چاق	تناوبی: ۱۹/۸±۰/۸ تداومی: ۱۹/۹±۲/۱	تناوبی: ۲۵/۵±۲/۱ تداومی: ۲۶/۲±۲/۴	تمرین تناوبی: ۶۰ وهله فعالیت شدید ۸ ثانیه‌ای با استراحت فعال ۱۲ ثانیه‌ای تمرین تداومی: ۴۰ دقیقه با شدت ۶۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی	۴ هفته (۵)
کنگ و همکاران، ۲۰۱۷ (۲۶)	تک گروهی	۱۲ (زن)	زنان چاق	۱۸-۳۰	۲۵/۲±۷/۲	تمرین تناوبی: ۶۰ وهله فعالیت شدید ۸ ثانیه‌ای با استراحت فعال ۱۲ ثانیه‌ای	۴ هفته (۵)

۱۲ هفته (۳ و ۴)	تمرین تناوبی: ۲۰ ثانیه دویدن با وهله‌های استراحت ۲۰ ثانیه‌ای تمرین تناوبی: فعالیت ورزشی با شدت ۴۰ درصد ضربان قلب ذخیره‌ای	تناوبی: ۲۵/۲±۲/۳ تناوبی: ۲۲/۸±۴/۲	تناوبی: ۱۹/۸±۰/۸ تناوبی: ۱۹/۹±۲/۱	دایات نوع ۲	۲۰ (زن و مرد)	دو گروهی بدون کنترل	لی و همکاران، ۲۰۱۵ (۲۸)
۲ هفته (۳)	تمرین تناوبی: فعالیت ورزشی شدید ۴ دقیقه‌ای با شدت ۸۵ درصد اکسیژن مصرفی اوج	۲۹/۳±۱/۱	۲۲/۵±۷/۲	چاقی و ذراری اضافه وزن	۱۲ (مرد)	یک گروه	لگیت و همکاران، ۲۰۱۲ (۲۹)
۸ هفته (۳)	تمرین تناوبی: ۱۰ وهله فعالیت شدید ۶۰ ثانیه‌ای	-	تناوبی: ۵۲/۰±۲/۲ تناوبی: ۵۶/۰±۲/۰	افراد سالم و بیماران دایات نوع ۲	۲۳ (زن و مرد)	یک گروه با گروه کنترل	مدسن و همکاران، ۲۰۱۵ (۳۰)
۸ هفته (۳ جلسه)	تمرین تناوبی: ۱ تا ۲ تا ۶ ست فعالیت ۱۰ تا ۲۰ ثانیه‌ای تمرین تناوبی: ۱ تا ۶ ست فعالیت ۶۰ ثانیه	تناوبی: ۲۹/۵۸±۲/۱۴ تناوبی: ۲۹/۲۲±۳/۸۰ کنترل: ۲۹/۵۱±۲/۵۷	تناوبی: ۳۷/۸±۳/۷۷ تناوبی: ۳۹/۳±۵/۱۰ کنترل: ۳۷/۵±۵/۸	دایات نوع ۲	۳۰ (مرد)	سه گروه با گروه کنترل	مالکی‌نژاد و همکاران، ۲۰۱۹ (۳۱)
۲ هفته (۳)	تمرین تناوبی: ۶ وهله فعالیت شدید ۲۰ ثانیه‌ای با استراحت ۴ دقیقه‌ای تمرین تناوبی: ۴۰ تا ۶۰ دقیقه با شدت ۶۰ درصد اکسیژن مصرفی پیشینه	تناوبی: ۲۶ تناوبی: ۲۶/۲	تناوبی: ۵۲/۰±۲/۲ تناوبی: ۵۶/۰±۲/۰	سالم	۲۲ (مرد)	دو گروه تجربی بدون گروه کنترل	میدلیک و همکاران، ۲۰۲۱ (۳۲)
۱۲ هفته (۳)	۱۰ تکرار ۶۰ ثانیه‌ای با شدت ۹۰ تا ۱۱۵ درصد برون‌ده توان اوج یا استراحت فعال ۶۰ ثانیه‌ای	تناوبی: ۳۳/۱±۳/۱ کنترل: ۳۲/۲±۳/۵	۲۸/۶±۲/۵	بیماران مبتلا به کبد چرب غیر الکلی	۲۸ (مرد)	یک گروه	رضایی و همکاران، ۲۰۱۲ (۳۳)
۱۲ هفته (۳)	تمرین تناوبی: ۵ وهله فعالیت ۵ تا ۸ دقیقه‌ای با شدت ۷۰ تا ۸۵ درصد ضربان قلب پیشینه	تمرین: ۳/۰۶±۱۳/۷ کنترل: ۲۱/۶۴±۱۶/۲۱	۳۰ تا ۱۸	چاقی	۲۲ (مرد)	یک گروه کنترل و یک گروه تمرین	ترتیبیان و همکاران، ۲۰۱۶ (۳۴)
۶ هفته (۳)	دویدن‌های متناوب با حداکثر سرعت	تناوبی: ۲۳/۵۲±۷/۶ کنترل: ۲۲/۳۷±۲/۲۹	تناوبی: ۲۴/۲۳±۱/۴۱ کنترل: ۲۳/۲۷±۲/۰۱	غیرفعال	۱۸ (مرد)	تصادفی با گروه کنترل	طلوعی آذر و همکاران، ۲۰۱۸ (۳۵)

فرا تحلیل

تأثیر HIIT بر لپتین

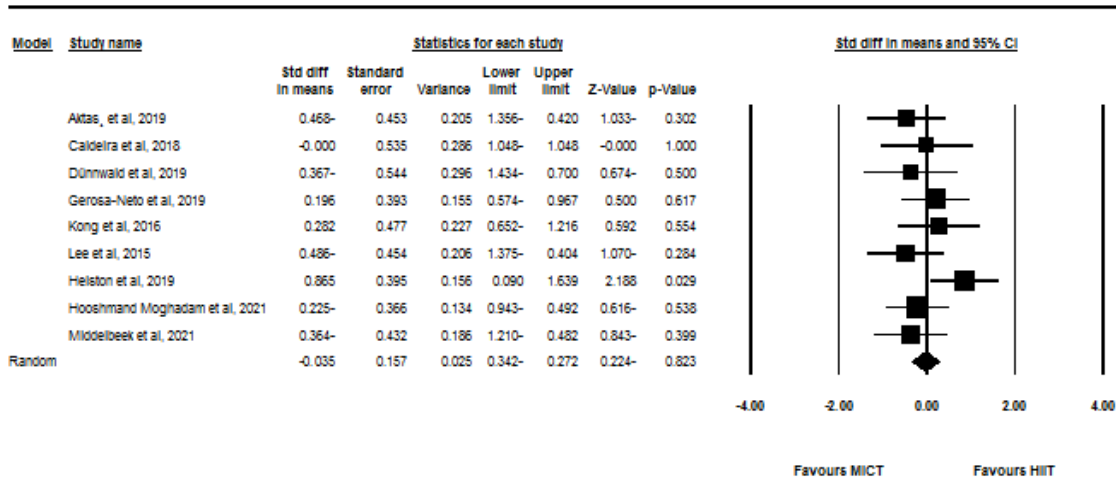
آنالیز داده‌های ۲۶ مداخله شامل ۳۳۵ آزمودنی در گروه HIIT و ۱۰۵ آزمودنی در گروه کنترل از تاریخ ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۱ نشان داد که HIIT به کاهش معناداری لپتین سرمی [$P=0/008$ ، $P=0/07$ تا $-0/48$ (CI: $-0/28$)] منجر می‌شود (نمودار ۱). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی بالایی وجود دارد ($I^2=59/33$ ، $P=0/001$). بررسی سوگیری انتشار با تحلیل بصری فونل پلات نشان داد که سوگیری انتشار وجود دارد، درحالی‌که نتایج تست Egger آن را تأیید نکرد ($P=0/16$). تحلیل حساسیت نشان داد، با استفاده از حذف تک به تک مطالعات، جهت و میزان اندازه اثر تغییری نکرد.



نمودار ۲. نمودار انباشت (Forest Plot) مربوط اثر HIIT بر لپتین

مقایسه تأثیر HIIT با MICT بر لپتین

آنالیز داده‌های ۹ مداخله شامل ۹۹ آزمودنی در گروه HIIT و ۹۳ آزمودنی در گروه MICT از تاریخ ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۱ نشان داد که تفاوت معناداری بین HIIT و MICT بر مقادیر گردش لپتین وجود ندارد ($P=0/82$ ، $CI: -0/34$ تا $0/27$)، با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود ندارد ($P=0/33$ ، $I^2=12/06$). بررسی سوگیری انتشار با تحلیل بصری فونل پلات نشان داد که سوگیری انتشار وجود دارد، درحالی که نتایج تست Egger آن را تأیید نکرد ($P=0/46$). تحلیل حساسیت نشان داد با استفاده از حذف تک به تک مطالعات، جهت و میزان اندازه اثر تغییری نکرد.



نمودار ۳. نمودار انباشت (Forest Plot) مربوط مقایسه HIIT با MICT بر لپتین

تحلیل زیرگروهی

در مجموع (هر دو گروه HIIT و کنترل) ۲۹۵ آزمودنی در زیرگروه بیماران مزمن و ۱۳۸ آزمودنی در زیرگروه افراد فاقد بیماری مزمن قرار گرفت. نتایج تحلیل زیرگروهی بر اساس وضعیت سلامتی آزمودنی‌ها نشان داد که HIIT به کاهش معنادار لپتین در افراد با بیماری‌های مزمن منجر می‌شود [P=۰/۰۰۱، CI: -۰/۱۹ تا -۰/۶۸]، در حالی که در افراد فاقد بیماری‌های مزمن این نوع تمرینات تأثیرات معناداری نداشت [P=۰/۹۳، CI: ۰/۳۲ تا ۰/۳۰].

کیفیت مطالعات

بررسی کیفیت مطالعات با چک‌لیست PEDRO در جدول ۲ ارائه شده است. بر این اساس، مطالعات وارد شده به فراتحلیل حاضر دارای امتیاز بین ۳ تا ۷ بودند.

جدول ۲. ارزیابی کیفیت مطالعات مورد بررسی در تحقیق

مطالعه - سال	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
	معیار ورود	تصادفی بودن	پنهان بودن تصادفی	یکسان بودن در پیش‌آزمون	Assessors blind	۸۵٪ آزمودنی‌ها	Intention to treat (ITT)	تحلیل بین‌گروهی	Point Measure
آکناش و همکاران، ۲۰۱۹ (۱۴)	✓	×	×	×	×	✓	×	✓	✓
آلمینگ و همکاران، ۲۰۱۵ (۱۵)	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓
عوض پور و همکاران، ۲۰۲۱ (۱۶)	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓
بابایی، ۲۰۲۰ (۱۷)	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓

×	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓	بهرام و مقرنسی، ۲۰۱۲ (۱۸)
✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	بلوشر و همکاران، ۲۰۱۷ (۱۹)
×	✓	×	✓	×	✓	×	?	✓	کالدیریا و همکاران، ۲۰۱۸ (۲۰)
×	✓	×	✓	×	×	×	✓	✓	دونوالد و همکاران، ۲۰۱۹ (۲۱)
✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓	گروسا و همکاران، ۲۰۱۹ (۲۲)
×	✓	×	×	×	✓	×	✓	✓	هیستون و همکاران، ۲۰۲۰ (۲۳)
✓	✓	×	✓	×	×	×	✓	✓	هوشمند مقدم و همکاران، ۲۰۲۱ (۲۴)
✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓	خانواری و همکاران، ۲۰۱۹ (۲۵)
✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓	کنگ و همکاران، ۲۰۱۶ (۲۶)
✓	✓	×	✓	✓	×	×	✓	✓	کنگ و همکاران، ۲۰۱۷ (۲۶)
✓	✓	×	✓	×	×	×	✓	✓	کزلوسکا و همکاران، ۲۰۲۱ (۲۷)
✓	✓	×	✓	×	✓	✓	✓	✓	لی و همکاران، ۲۰۱۵ (۲۸)
✓	✓	×	✓	×	✓	×	?	✓	لگیت و همکاران، ۲۰۱۲ (۲۹)
✓	✓	×	?	×	×	×	?	✓	مدسن و همکاران، ۲۰۱۵ (۳۰)
✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓	مالکی نژاد و همکاران، ۲۰۱۹ (۳۱)
✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓	میدلیک و همکاران، ۲۰۲۱ (۳۲)

رضایی و همکاران، ۲۰۱۳ (۳۳)	✓	✓	×	✓	×	?	×	✓	✓
ترتیبیان و همکاران، ۲۰۱۶ (۳۴)	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓
طلوعی آذر و همکاران، ۲۰۱۸ (۳۵)	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓

بحث و نتیجه‌گیری

اختلالات متابولیکی و بیماری‌های مزمن به افزایش مقادیر گردش خونی لپتین منجر می‌شود، که حداقل در بخشی مربوط به مقاومت لپتینی است. با وجود این، تمرینات ورزشی ممکن است منجر به بهبود این فرایند و به دنبال آن کاهش این هورمون در خون شود. بر این اساس، نتایج فراتحلیل حاضر نشان داد که HIIT تأثیرات چشمگیری بر کاهش لپتین دارد، درحالی‌که تفاوتی بین پروتکل HIIT با MICT مشاهده نشد. علاوه بر این، مهم‌ترین یافته‌های فراتحلیل حاضر، حاکی از آن بود که HIIT مقادیر گردش خونی لپتین را در افراد با بیماری‌های مزمن کاهش می‌دهد، درحالی‌که در افراد سالم کاهش شایان توجه مشاهده نشد. این نتایج از تعداد ۵۴۵ نفر آزمودنی که ۲۰۳ نفر از آنها مبتلا به بیماری‌های مزمن از جمله بیماری‌های متابولیکی و قلبی - عروقی بودند به دست آمد.

در سال‌های اخیر تمرکز خاصی بر HIIT صورت گرفته که فراتحلیل‌های قبلی گزارش کرده‌اند که این نوع تمرینات تأثیرات مفیدی بر کاهش توده چربی به‌ویژه چربی احشایی و کبد، بهبود برخی نشانگرهای التهابی و بهبود شاخص‌های گلاسیمی دارد (۳۶). با وجود این، آثار HIIT در فراتحلیل‌های قبلی کمتر بررسی شده است. نتایج فراتحلیل حاضر در زمینه اثرگذاری تمرین ورزشی، صرف‌نظر از نوع تمرین، با یافته‌های فراتحلیل‌های قبلی همخوانی دارد (۸، ۹، ۱۲). در همین خصوص خلفی و همکاران گزارش کردند که مداخلات ورزشی و تغذیه‌ای به کاهش سطوح گردش لپتین منجر می‌شود، با این حال مداخلات تغذیه‌ای نقش محوری در این تغییرات ایفا می‌کند. به نظر می‌رسد که کاهش وزن بدن به‌ویژه کاهش توده چربی ممکن است عامل مهم در تغییرات لپتین باشد (۳۷). همچنین در زمینه اثر HIIT بر لپتین، مطالعه فراتحلیل قبلی توسط همکاران ما در افراد با اختلالات متابولیکی تأثیرات مفیدی را گزارش کرده‌اند (۱۲). با این حال فراتحلیل قبلی محدود به تعداد کم مطالعات، افراد با اختلالات متابولیکی و همچنین مقالات چاپ‌شده در مجلات انگلیسی بود. یافته‌های فراتحلیل حاضر، منجر به گسترش یافته‌های بالینی مهمی شد که در مطالعات قبلی درک نشده بود. در این تحقیق به‌وضوح مشخص شد که HIIT در افراد با بیماری‌های مزمن به بهبود لپتین منجر می‌شود که از لحاظ بالینی می‌تواند بسیار حائز اهمیت باشد. تحقیقات فراوان نشان داده‌اند که چاقی و اضافه وزن موجب بروز بیماری‌های گوناگونی همچون پرفشار خونی، دیابت نوع ۲، آترواسکلروز، افزایش ابتلا به آلرژی، ضعف در ترمیم جراثحت و نیز سیستم عصبی-هورمونی می‌شود (۳۸).

یکی از مهم‌ترین دلایل آثار چاقی و اضافه وزن را به افزایش توده چربی بدن و افزایش غلظت سرمی لپتین نسبت می‌دهند. شواهد زیادی وجود دارد که نشان می‌دهد افزایش حساسیت لپتین موجب تولید یک فنوتیپ لاغر و مقاوم به چاقی می‌شود. این مشاهدات نشان می‌دهد که لپتین مانع از افزایش وزن می‌شود و افزایش حساسیت لپتین در مقابله با چاقی مؤثر است (۳۹). از این رو کاهش لپتین به دنبال مداخلات ورزشی ممکن است سازوکار احتمالی برای آثار مفید تمرینات ورزشی باشد. همچنین برخی تحقیقات نشان داده‌اند فعالیت بدنی، سطوح لپتین را نه فقط به سبب کاهش توده چربی، بلکه همچنین از طریق افزایش حساسیت لپتین، کاهش می‌دهد (۴۰).

از طرف دیگر، آدنوزین منوفسفات حلقوی^۱ در بافت چربی و کبد به‌وسیله آدنیلات سیکلاز^۱ تولید می‌شود. این آنزیم روی ATP عمل کرده و cAMP پیروفسفات را تولید می‌کند. cAMP، فسفوریلاز را فعال می‌کند که فرایند گلیکوژنولیز و از طرف دیگر

¹. Cyclic Adenosine monophosphate (cAMP)

در روند لیپولیز، آنزیم لیپاز را فعال می‌کند (۴۱). احتمالاً کاهش سطوح لپتین، به‌واسطهٔ بهبود در مسیر پیام‌رسان ذکر شده باشد (۴۱). گزارش شده است HIIT با ایجاد تغییرهای متابولیک و از طریق برهم زدن شارژ انرژی سلول، تقاضای سلول را در راستای تأمین انرژی موردنظر برای ادامهٔ حیات افزایش می‌دهد؛ در واقع ممکن است موجب تعادل منفی انرژی و در پی آن، تغییر در سطح پلاسمایی لپتین شوند. استدلال دیگری که می‌توان در زمینهٔ تأثیر HIIT بر کاهش سطوح لپتین پلازما ارائه داد این است که بخش عمده‌ای از اسیدهای چرب مورد نیاز عضلات در حال فعالیت از طریق افزایش ۳ تا ۴ برابری لیپولیز تری‌گلیسیرید بافت چربی تأمین می‌شود. فعالیت ورزشی با شدت زیاد، مقدار جریان خون به بافت چربی را دو برابر می‌کند و سبب افزایش ده‌برابری یا بیشتر جریان خون به عضلات فعال و در نتیجه برهم خوردن تعادل کالریک منفی و کاهش لپتین پلازما پس از تمرین می‌شود (۴۰، ۴۱).

علاوه بر این، یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که تفاوت معناداری بین دو پروتکل HIIT و MICT وجود ندارد. در همین زمینه آثار متابولیکی یکسان تمرینات HIIT با MICT در برخی از فراتحلیل‌های قبلی گزارش شده است (۴۲، ۴۳). براین اساس، سو و همکاران گزارش کردند که HIIT مشابه MICT به بهبود ترکیب بدن و آمادگی قلبی تنفسی منجر می‌شود (۴۴). با توجه به اینکه تغییرات لپتین به ترکیب بدنی به‌ویژه تودهٔ چربی وابسته است، نباید دور از انتظار باشد که هر دو پروتکل تمرین در تغییرات لپتین مؤثر باشند. با این حال، باید توجه داشت که آثار HIIT بر کاهش لپتین در مدت زمان کمتر پروتکل تمرینی نسبت به MICT به‌دست آمده است. از این رو می‌توان گفت که HIIT یک پروتکل تمرینی مقرون به صرفه از لحاظ زمانی است.

با وجود یافته‌های بالینی مهم تحقیق حاضر، چندین محدودیت برای فراتحلیل حاضر وجود دارد؛ اولاً ناهمگونی بالایی بین مطالعات واردشده به فراتحلیل مشاهده شد. ثانیاً در این فراتحلیل محدودیت سنی برای ورود به تحقیق وجود نداشت. از این رو افراد با گروه‌های سنی مختلف وارد شدند. همچنین اگرچه تمامی مطالعات واردشده به تحقیق حاضر از پروتکل HIIT استفاده کرده بودند، اما تحلیلی بر اساس زیرگروه‌های تمرین تناوبی به‌دلیل مطالعات کمتر صورت نگرفت.

به‌طور کلی یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که HIIT روش تمرینی مؤثر برای کاهش لپتین در افراد با بیماری‌های مزمن است، درحالی‌که افراد سالم ممکن است تحت تأثیر این نوع تمرینات قرار نگیرند. آثار مفید HIIT در افراد با بیماری‌های مزمن مشاهده شد که نشان می‌دهد کاهش لپتین به‌دنبال HIIT ممکن است از عوامل مؤثر در بهبود شاخص‌های سلامتی این افراد باشد. علاوه بر این، با وجود عدم اختلاف شایان توجه بین دو پروتکل HIIT و MICT، به‌نظر می‌رسد که HIIT روش تمرینی مقرون به صرفه‌ای از لحاظ زمانی برای کاهش لپتین باشد.

تقدیر و تشکر

تحقیق حاضر با حمایت مالی دانشگاه کاشان انجام گرفته است که مراتب تقدیر و تشکر خود را اعلام می‌داریم.

References

1. De Oliveira Leal V, Mafra D. Adipokines in obesity. *Clinica Chimica Acta*. 2013;419:87-94. Doi.org/10.1016/j.cca.2013.02.003
2. Maury E, Brichard S. Adipokine dysregulation, adipose tissue inflammation and metabolic syndrome. *Molecular and cellular endocrinology*. 2010; 314(1):1-16. Doi.org/10.1016/j.mce.2009.07.031
3. Zhang F, Chen Y, Heiman M, DiMarchi R. Leptin: structure, function and biology. *Vitamins & hormones*. 2005; 71:345-72. Doi.org/10.1016/S0083-6729(05)71012-8
4. Yadav A, Kataria MA, Saini V, Yadav A. Role of leptin and adiponectin in insulin resistance. *Clinica chimica acta*. 2013; 417:80-4. Doi.org/10.1016/j.cca.2012.12.007
5. Myers Jr MG, Leibel RL, Seeley RJ, Schwartz MW. Obesity and leptin resistance: distinguishing cause from effect. *Trends in Endocrinology & Metabolism*. 2010;21(11):643-51. Doi.org/10.1016/j.tem.2010.08.002
6. Laursen PB, Jenkins DG. The scientific basis for high-intensity interval training. *Sports medicine*. 2002; 32(1):53-73.
7. Bahram ME, Pourvaghari MJ. The effect of 12 weeks of High-Intensity Interval Training (HIIT) on homocysteine and CRP cardiovascular risk factors and body composition in overweight men. *Journal of Fasa University of Medical Sciences*. 2016;6(3):334-42. [in persian]
8. 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. Doi.org/10.1016/j.physbeh.2021.113416
9. 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(2):269-88.
10. Kan C, Silva N, Golden SH, Rajala U, Timonen M, Stahl D, et al. A systematic review and meta-analysis of the association between depression and insulin resistance. *Diabetes care*. 2013;36(2):480-9.
11. Bahram ME, Pourvaghari MJ. The Effect of 12 Weeks of High Intensive Intermittent Training on the Levels of Plasma Leptin, Insulin, Glucose, Insulin Resistance and Body Composition in Over-Weight Men. *Medical Journal of Tabriz University of Medical Sciences*. 2018;40(2):15-23. [in Persian]
12. 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*. 2020;30(11):2020-36. Doi.org/10.1111/sms.13754
13. Wewege M, Van Den Berg R, Ward R, Keech A. The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*. 2017;18(6):635-46. Doi.org/10.1111/obr.12532
14. Aktas H, Uzun Y, Kutlu O, Pence 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. Doi.org/10.1080/13813455.2019.1662450
15. 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. Doi.org/10.1371/journal.pone.0138793
16. 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.

17. Babaei Bonab S. [The Effect of 12 Weeks of HIIT Training and Curcumin Consumption on Leptin and Galanin Levels in Obese Women. Journal of Ardabil University of Medical Sciences. 2020;20\(2\):188-99. \[in Persian\]](#)
18. Bahram ME, Pourrahim Ghouroughch A, Pourvagher 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. \[in Persian\]](#)
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. Doi.org/10.1016/j.metabol.2016.11.015](#)
20. Caldeira RS, Panissa VLG, Inoue DS, Campos EZ, Monteiro PA, de Melo Giglio B, et al. [Impact to short-term high intensity intermittent training on different storages of body fat, leptin and soluble leptin receptor levels in physically active non-obese men: A pilot investigation. Clinical nutrition ESPEN. 2018; 28:186-92. Doi.org/10.1016/j.clnesp.2018.08.005](#)
21. 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. DOI: 10.1055/a-0828-8047](#)
22. Gerosa-Neto J, Panissa VLG, Monteiro PA, Inoue DS, Ribeiro JPI, 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. Doi.org/10.1016/j.resp.2019.05.009](#)
23. 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. Doi.org/10.1113/EP088158](#)
24. 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. Doi.org/10.3390/cancers13174386](#)
25. 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\(3\). \[in persian\]](#)
26. Kong Z, Sun S, Liu M, Shi Q. [Short-term high-intensity interval training on body composition and blood glucose in overweight and obese young women. Journal of diabetes research. 2016; 2016. Doi.org/10.1155/2016/4073618](#)
27. 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. Doi.org/10.52586/5015](#)
28. Lee SS, Yoo JH, So YS. [Effect of the low-versus high-intensity exercise training on endoplasmic reticulum stress and GLP-1 in adolescents with type 2 diabetes mellitus. Journal of physical therapy science. 2015;27\(10\):3063-8. Doi: 10.1589/jpts.27.3063](#)
29. 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. Doi.org/10.1152/jappphysiol.01080.2011](#)

30. 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. [Doi.org/10.3109/13813455.2015.1082600](https://doi.org/10.3109/13813455.2015.1082600)
31. Malekinezhad H, Moflehi D, Abbasi H, Behzadi A. Effect of low or high volume of high-intensity interval training protocols on the leptin and lipid profile in men with type 2 diabetes. *Journal of Community Health Research*. 2019;8(4):228-36. [Doi.org/10.18502/jchr.v8i4.2078](https://doi.org/10.18502/jchr.v8i4.2078).
32. Middelbeek RJ, Motiani P, Brandt N, Nigro P, Zheng J, Virtanen KA, et al. Exercise intensity regulates cytokine and klotho responses in men. *Nutrition & Diabetes*. 2021;11(1):1-11.
33. 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. [in Persian]
34. TARTIBAIN B, SHARIFI H, EBRAHEMI TB. The effect of 12-week high-intensity interval training (HIIT) on lung function, serum leptin level and lipid profiles in inactive obese men. 2016. [in Persian]
35. 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. [in Persian]
36. Khalafi M, Malandish A, Rosenkranz SK, Ravasi AA. Effect of resistance training with and without caloric restriction on visceral fat: A systemic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*. 2021; 22(9):e13275. [Doi.org/10.1111/obr.13275](https://doi.org/10.1111/obr.13275)
37. Khalafi M, Sakhaei MH, Kheradmand S, Symonds ME, Rosenkranz SK. The impact of exercise and dietary interventions on circulating leptin and adiponectin in individuals with overweight and obesity: a systematic review and meta-analysis. *Advances in Nutrition*. 2022. [Doi.org/10.1016/j.advnut.2022.10.001](https://doi.org/10.1016/j.advnut.2022.10.001)
38. Costa EC, Hay JL, Kehler DS, Borenskie KF, Arora RC, Umpierre D, et al. Effects of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on blood pressure in adults with pre-to established hypertension: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Sports Medicine*. 2018; 48(9):2127-42.
39. Lau PW, Kong Z, Choi C-r, Clare C, Chan DF, Sung RY, et al. Effects of short-term resistance training on serum leptin levels in obese adolescents. *Journal of Exercise Science & Fitness*. 2010; 8(1):54-60. [Doi.org/10.1016/S1728-869X\(10\)60008-1](https://doi.org/10.1016/S1728-869X(10)60008-1)
40. Peng J, Yin L, Wang X. Central and peripheral leptin resistance in obesity and improvements of exercise. *Hormones and Behavior*. 2021; 133:105006. [Doi.org/10.1016/j.yhbeh.2021.105006](https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2021.105006)
41. Bouassida A, Chamari K, Zaouali M, Feki Y, Zbidi A, Tabka Z. Review on leptin and adiponectin responses and adaptations to acute and chronic exercise. *British journal of sports medicine*. 2010; 44(9):620-30. [Doi.org/10.1136/bjism.2008.046151](https://doi.org/10.1136/bjism.2008.046151)
42. 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. [Doi.org/10.1111/obr.13459](https://doi.org/10.1111/obr.13459)
43. 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. [Doi.org/10.1016/j.diabres.2022.109815](https://doi.org/10.1016/j.diabres.2022.109815)
44. 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 . [Doi.org/10.1371/journal.pone.0210644](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210644)