

The Effect of Unsupervised Interval Aerobic Training on Serum Subfatin and Interleukin-4 Levels in Men with Type 2 Diabetes

Javad Nakhzari Khodakheir^{*1}, Mehdi Zarei², Kazem Khodaei³, Hamid Reza Zolfi⁴

1. Department of Sport Sciences, School of Human Sciences, University of Zabol, Zabol, Iran
2. Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Literature and Humanities, University of Neyshabur, Neyshabur, Iran
3. Department of Sports Physiology and Corrective Exercise, Faculty of Sports Sciences, Urmia University, Urmia, Iran
4. Department of Physical Education and Sport Science, National University of Skills (NUS), Tehran, Iran

Abstract

Background: The aim of the present study was to investigate the effect of eight weeks of unsupervised low-volume high-intensity interval training on serum subfatin and interleukin-4 levels in men with type 2 diabetes.

Methods: In this quasi-experimental study, 20 men with type 2 diabetes were randomly divided into two groups: unsupervised exercise and control. Eight weeks of low-volume high-intensity interval training were prescribed to the subjects in the exercise group, which were to be performed unsupervised and individually, three sessions per week at a specified intensity for eight weeks. The total duration of the exercise session was 21 to 28 minutes. Before and after the intervention, anthropometric measurements were performed and blood samples were taken from the subjects. To examine the differences between groups, the analysis of covariance test was used.

Results: After eight weeks of intervention, no significant changes were observed in body weight ($p = 0.26$), body mass index ($p = 0.32$), and body fat mass ($p = 0.13$) in the exercise prescription group. Also, at the end of the study, no significant differences were observed in fasting glucose ($p = 0.25$), serum subfatin ($p = 0.25$), and interleukin-4 ($p = 0.29$) levels between the unsupervised exercise and control groups.

Conclusion: The results of the present study suggest that prescribing low-intensity interval training in an unsupervised manner does not have a significant effect on improving anthropometric indices, fasting glucose, and subfatin and interleukin-4 levels in patients with type 2 diabetes. Therefore, it is recommended that more studies on this type of training be conducted in a supervised manner.

Keywords: Adipokine, Inflammation, Exercise training, Diabetes

Received: February 07, 2026; Accepted: May 11, 2026

Please cite this article as:

Nakhzari Khodakheir J, Zarei M, Khodaei K, Zolfi HR. The Effect of Unsupervised Interval Aerobic Training on Serum Subfatin and Interleukin-4 Levels in Men with Type 2 Diabetes. *ijdl*. 2026; 26(3): 319-330.

DOI: [10.18502/ijdl.v26i3.22510](https://doi.org/10.18502/ijdl.v26i3.22510)

***Corresponding Author:** Javad Nakhzari Khodakheir; **Email:** Javadnakhzari@uoz.ac.ir, **Add:** Department of physical education and Sport Sciences, School of Human Sciences, 2nd Kilometer of Bonjar road, Zabol, Iran. **Tel:** +985431232045

اثر تجویز تمرین هوازی تناوبی نظارت نشده بر سطح سابفاتین و اینترلوکین-۴ در مردان مبتلا به دیابت نوع دو

جواد نخزری خداخیر^{۱*}، مهدی زارعی^۲، کاظم خدایی^۳، حمیدرضا زلفی^۴

- ۱- گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
- ۲- گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه نیشابور، نیشابور، ایران
- ۳- گروه فیزیولوژی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
- ۴- گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران

چکیده

مقدمه: هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر تجویز هشت هفته تمرین هوازی تناوبی به صورت نظارت نشده بر سطح سرمی سابفاتین و اینترلوکین-۴ در مردان مبتلا به دیابت نوع دو بود.

روش‌ها: در این مطالعه نیمه تجربی، ۲۰ مرد مبتلا به دیابت نوع دو به طور تصادفی به دو گروه تمرین نظارت نشده و گروه کنترل تقسیم شدند. هشت هفته تمرین تناوبی شدید کم حجم برای آزمودنی‌های گروه تمرینی تجویز شد. این تمرینات به صورت نظارت نشده و شخصی، سه جلسه در هفته با شدت مشخص و به مدت هشت هفته انجام شد. مدت زمان کل جلسه تمرین ۲۱ تا ۲۸ دقیقه بود. قبل و بعد از مداخله، اندازه‌های شاخص‌های آنروپومتری اجرا و نمونه‌های خونی از آزمودنی‌ها گرفته شد. برای بررسی تفاوت‌های بین گروهی، از آزمون آماری تحلیل کوواریانس استفاده شد.

یافته‌ها: بعد از هشت هفته مداخله، تغییر معنی‌داری در وزن بدن ($p=0/26$)، نمایه توده بدنی ($p=0/32$) و توده چربی بدن ($p=0/13$) در گروه تمرین مشاهده نشد. همچنین در انتهای مطالعه تفاوت معنی‌داری در گلوکز ناشتا ($p=0/25$)، سطح سابفاتین ($p=0/25$) و اینترلوکین-۴ ($p=0/29$) سرم بین گروه تمرین نظارت نشده و کنترل مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری: مطالعه حاضر پیشنهاد می‌کند که تمرین تناوبی شدید کم حجم، به صورت نظارت نشده تأثیر معناداری در بهبود شاخص‌های آنروپومتری، گلوکز ناشتا و سطوح سابفاتین و اینترلوکین-۴ در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو ندارد. بنابراین توصیه می‌شود مطالعات بیشتری روی این نوع تمرینات، به صورت نظارت شده انجام گردد.

واژگان کلیدی: آدیپوکاین، التهاب، تمرینات ورزشی، دیابت

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۱۸

به این مقاله، به صورت زیر استناد کنید:

Nakhzari Khodakheir J, Zarei M, Khodaei K, Zolfi HR. The Effect of Unsupervised Interval Aerobic Training on Serum Subfatin and Interleukin-4 Levels in Men with Type 2 Diabetes. *ijld*. 2026; 26(3): 319-330.

*نویسنده مسئول: جواد نخزری خداخیر، آدرس: سیستان و بلوچستان، زابل، کیلومتر دو جاده بنجار، پردیس دانشگاه زابل. دانشکده ادبیات و علوم انسانی، تلفن: ۰۰۵۴۳۱۲۳۲۰۴۰، پست الکترونیک: Javadnakhzari@uoz.ac.ir

مطالعات گزارش کرده‌اند که ۱۰/۵ درصد از جمعیت جهان مبتلا به دیابت هستند و از هر چهار بزرگسال مبتلا به دیابت، بیش از سه نفر در کشورهای کم‌درآمد و با درآمد متوسط زندگی می‌کنند. این گزارش‌ها پیش‌بینی می‌کند این تعداد تا سال ۲۰۳۰ به ۶۴۳ میلیون نفر و تا سال ۲۰۴۵ به ۷۸۳ میلیون نفر افزایش یابد [۲]. عوارض عروقی دیابت در هر دو سیستم ماکروواسکولار (بیماری‌های قلبی-عروقی) و میکروواسکولار (بیماری‌های کلیوی دیابتی، رتینوپاتی دیابتی و نوروپاتی) منجر به مرگ و میر فزاینده، ناتوانی (ناپینایی، نارسایی کلیه، نارسایی قلبی و قطع عضو) و کاهش کلی کیفیت زندگی شده است و بار مالی عظیمی را به همراه دارد [۲، ۳]. دیابت نوع دو^۱ (T2DM) تحت تأثیر عوامل زیادی مانند ژنتیک، محیط و عادات رفتاری قرار دارد. عوامل خطر اصلی شامل چاقی، سیگار کشیدن، الگوهای غذایی نامناسب، قرار گرفتن در معرض دود سیگار و فعالیت بدنی ناکافی است [۳].

آدیپوکاین‌ها، مولکول‌های پروتئینی هستند که به‌عنوان پیام‌رسان از بافت چربی آزاد می‌شوند و وظایف مهمی در کنترل فرآیندهای حیاتی بدن مانند سوخت‌وساز انرژی و واکنش‌های التهابی ایفا می‌کنند [۴]. سابفاتین^۲ که به تازگی کشف شده است، از بافت‌های چربی و عضلانی ترشح می‌شود. سابفاتین همچنین با نام‌های Metnl (شبیه متورین) نیز شناخته می‌شود. ژن سابفاتین به ترتیب در کروموزوم 11qE2 در موش‌ها و کروموزوم 17q25.3 در انسان قرار دارد. پروتئین سابفاتین که در ژنوم انسان کُدگذاری می‌شود، حاوی ۳۱۱ اسید آمینه است، با یک پپتید سیگنال انتهای NH2 با ۴۵ اسید آمینه و بدون هیچ ناحیه غشایی، که نشان دهنده یک پروتئین بالغ است که هنگام ترشح حاوی ۲۶۶ اسید آمینه است [۵]. براساس یافته‌ها، این ماده موجب بهبود پاسخ بدن به انسولین و همچنین دارای خواص ضدالتهابی است [۶]. پژوهش‌های انجام شده روی مدل‌های حیوانی حاکی از آن است که سابفاتین میزان مصرف انرژی و حساسیت به انسولین را افزایش می‌دهد [۷]. برخی مطالعات سطوح پایین‌تری از سابفاتین را در افراد مبتلا به دیابت نوع دو در مقایسه با افراد سالم گزارش کرده‌اند. به نظر می‌رسد که کاهش سطح این پروتئین با اختلال در تحمل گلوکز مرتبط باشد و یک رابطه معکوس بین مقدار سابفاتین و میزان انسولین و شاخص مقاومت به انسولین مشاهده شده است [۷، ۸]. یکی از سازکارهای احتمالی اثرات مفید سابفاتین بر حساسیت به انسولین،

افزایش فسفوریلاسیون پروتئین^۳ AKT توسط انسولین است. در واقع، کمبود سابفاتین منجر به ایجاد مقاومت به انسولین در سلول‌های چربی می‌شود. با این حال، نتایج تحقیقات درباره میزان سابفاتین در خون بیماران دیابتی نوع دو یکسان نبوده و گاهی متناقض است [۹، ۱۰]. از سوی دیگر، بیماران مبتلا به دیابت نوع دو معمولاً با افزایش تولید سایتوکاین‌های التهابی مواجه هستند. رابطه بین سابفاتین و اینترلوکین‌ها در درجه اول با نقش تنظیمی ضد التهابی آن مشخص می‌شود. سابفاتین، با تعدیل پاسخ‌های ایمنی و شرکت در شبکه سایتوکین برای تأثیرگذاری بر بیماری‌های مختلف خودایمنی و التهابی، عملکردهای ضد التهابی از خود نشان می‌دهد. به‌طور خاص، تحقیقات نشان می‌دهد که سابفاتین می‌تواند بیان سایتوکاین‌های ضد التهابی مانند اینترلوکین-۴^۴ (IL-4) را تحریک کند و در مسدود کردن آزادسازی واسطه‌های التهابی نقش داشته باشد و در نتیجه انتقال سیگنال انسولین درون سلولی را بهبود بخشد [۱۱]. این عملکرد تنظیمی بیشتر توسط یافته‌هایی پشتیبانی می‌شود که سابفاتین محتوای سایتوکاین‌های پیش التهابی مانند فاکتور نکروز تومور آلفا^۵ (TNF-α) را در بافت چربی کاهش می‌دهد و با تعامل با شبکه وسیع تر اینترلوکین برای اعمال اثرات محافظتی خود، در شرایطی از سندرم متابولیک گرفته تا بیماری‌های التهابی نقش دارد [۵]. همان‌طور که ذکر شد، برخی شواهد نشان می‌دهند که یکی از نقش‌های سابفاتین افزایش تولید سایتوکاین ضدالتهابی IL-4 است [۶، ۱۲]. IL-4 علاوه بر نقش ضدالتهابی، به‌عنوان یک میوکاین (سیتوکاین مترشح از عضله) با اثرات متابولیکی نیز شناخته شده است [۱۳]. مطالعات روی موش‌های دارای سطوح بالای IL-4، بهبود در تحمل گلوکز و حساسیت به انسولین را از طریق تقویت مسیرهای پیام‌رسانی انسولین نشان داده است [۱۴]. مطالعات پیشنهاد می‌کند که نقش تنظیمی مثبت IL-4 در تحمل گلوکز و حساسیت به انسولین ممکن است از عملکرد ضد التهابی آن با مهار تولید سایتوکاین‌های القاء کننده مقاومت به انسولین، مانند عامل نکروز تومور آلفا (TNF-α) و اینترلوکین ۶^۶ (IL-6)، ناشی شود [۱۵]. با این حال هنوز در این زمینه نیاز به مطالعات بیشتری احساس می‌شود.

رویکرد دارویی برای درمان دیابت نوع دو تنها می‌تواند تا حدی در مدیریت طولانی مدت دیابت مؤثر باشد. اصلاحات اساسی در سبک زندگی بیماران همراه با مداخلات از طریق رویکردهای دارویی برای اطمینان از مدیریت مؤثر بیماری بسیار مهم است. این موارد شامل اصلاح سطح فعالیت بدنی، رژیم غذایی، مدیریت استرس یا عوامل

⁵ Tumor Necrosis Factor alpha⁶ Interleukin 6¹ Type 2 diabetes² Subfatin³ Protein Kinase B⁴ Interleukin 4

مرتبط و بهبود الگوهای خواب است [۱۶]. مطالعات نشان داده است که فعالیت بدنی، کنترل قند خون را بهبود می بخشد و خطر ابتلا به بسیاری از عوارض، بیماری های قلبی - عروقی و مرگ و میر را در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو کاهش می دهد [۱۷]. کالج پزشکی ورزشی آمریکا^۱ (ACSM) و انجمن دیابت آمریکا^۲ (ADA) حداقل ۱۵۰ دقیقه در هفته فعالیت بدنی متوسط تا شدید را برای بیماران مبتلا به دیابت نوع دو توصیه کرده اند [۱۸]. با این حال، شدت و مدت زمان توصیه شده ورزش می تواند بار فیزیکی برای بیماران دیابتی ایجاد کند و منجر به قطع ورزش درمانی شود زیرا بیماران مبتلا به دیابت آستانه عملکرد فیزیکی پایین تری نسبت به افراد سالم دارند. بیماران مبتلا به دیابت نوع دو در مقایسه با افراد بدون دیابت، مصرف انرژی، تعداد گام ها و مدت زمان فعالیت بدنی کمتری نشان می دهند و همچنین آمادگی قلبی - تنفسی پایینی دارند [۱۷-۱۹].

HIIT^۳ کم حجم، نوعی از HIIT است که معمولاً کمتر از ۱۵ دقیقه ورزش با شدت بالا در هر جلسه است، به دلیل ماهیت زمان - کارآمد و مزایای سلامتی ادعایی اش، به طور فزاینده ای در جمعیت های سالم و بیمار مورد توجه قرار گرفته است [۲۰]. یافته های حاصل از مطالعات اخیر نشان می دهد که HIIT کم حجم می تواند با وجود نیاز به زمان و انرژی کمتر، پیشرفت های مشابه و گاهی اوقات بیشتری در آمادگی قلبی - تنفسی، کنترل گلوکز، فشار خون و عملکرد قلب ایجاد کند [۲۱-۲۳]. با این حال، مطالعات بیشتری برای تأیید این فرض و سازکارهای دقیق آن مورد نیاز است. با توجه به اینکه کمبود وقت یکی از رایج ترین موانع فعالیت بدنی و ورزش در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو است، HIIT کم حجم ممکن است یک راهبرد مؤثر از نظر زمان برای بهبود فاکتورهای مرتبط با گسترش دیابت نوع دو باشد [۲۳-۲۶]. از طرفی موانعی برای دسترسی بیماران به روش های ارتقای سلامت از طریق شرکت در فعالیت های ورزشی وجود دارد. این موانع می توانند با عوامل مختلف محیطی، اجتماعی، مالی و شخصی مرتبط باشند که می توانند بر سلامت جسمی، فیزیولوژیکی و روانی شرکت کنندگان تأثیر منفی بگذارند [۲۷]. علی رغم سودمندی کلی، مداخله ورزشی تحت نظارت - که گسترده ترین نوع مداخله مورد بررسی در ادبیات علمی است - این مداخلات ممکن است با برخی معایب همراه باشد، زیرا افراد ممکن است به دلیل متغیرهایی مانند محدودیت های جسمی یا مالی، کمبود امکانات، شرایط آب و هوایی، فاصله از خانه، تعهدات زمانی، محیط ترسناک باشگاه در پیوستن به این مداخلات با مشکلاتی مواجه شوند [۲۸]. در این زمینه، به نظر می رسد مداخله ورزشی بدون نظارت یک جایگزین عملی و

بالقوه مؤثر باشد [۲۹، ۳۰]، زیرا می توان آنها را از مکان های انعطاف پذیر (به عنوان مثال در خانه، بیرون از خانه، در یک کلینیک مراقبت های اولیه، از طریق تلفن یا خدمات آنلاین) اجرا کرد و ممکن است در دسترس تر و مقرون به صرفه تر باشند [۳۱]. به تازگی در یک مطالعه فراتحلیل گزارش شد که مداخلات ورزشی بدون نظارت، علی رغم اینکه با میزان پایداری متوسط همراه است، ممکن است برای بهبود برخی از پیامدهای مهم آمادگی جسمانی در افراد مسن در مقایسه با عدم انجام ورزش مؤثرتر باشد [۳۲]. با این حال مطالعات معدودی به بررسی تأثیر تجویز تمرینات نظارت نشده به ویژه در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو پرداخته اند. Cassidy و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی ارزیابی تأثیر تمرین HIIT و بدون نظارت بر عملکرد خودکار قلبی - عروقی در بزرگسالان مبتلا به دیابت نوع دو پرداختند و گزارش کردند که تمرین HIIT بدون نظارت، کنترل قند خون را بهبود می بخشد [۳۳]. با این حال Gajand و همکاران (۲۰۲۰) در یک مطالعه مروری اثربخشی تمرینات ورزشی بدون نظارت برای بهبود کنترل قند خون را مبهم نشان داد و گزارش کردند که در این زمینه نیاز به مطالعات بیشتر و با کنترل بیشتر احساس می شود [۳۴].

پژوهش های مختلفی اثرات تمرینات ورزشی مختلف را بر سطح سافاتین و IL-4، به ویژه در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو، بررسی کرده اند [۲۳-۲۶]. با توجه به نقش احتمالی آدیپوکاین ها در توسعه دیابت نوع دو و تأثیرات احتمالی و مطلوب تمرینات ورزشی بر این آدیپوکاین ها، یک از اهداف ما در این مطالعه بررسی اثرات احتمالی تمرین HIIT کم حجم بر سافاتین و IL-4 در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو بود. همچنین با هدف کاهش بار سیستم بهداشت با ترویج خودمراقبتی در سطح جامعه و گسترش جامعه مورد مطالعه نیاز به اجرای پژوهش های نظارت نشده ضروری است. بنابراین هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر تجویز تمرین HIIT کم حجم بدون نظارت بر سافاتین و IL-4 در مردان مبتلا به دیابت نوع دو بود.

روش ها

این مطالعه نیمه تجربی با طرح تحقیق پیش آزمون پس آزمون با دو گروه تمرین نظارت نشده و کنترل در زمستان سال ۱۴۰۴ اجرا شد. جامعه مورد بررسی در این پژوهش، مردان مبتلا به دیابت نوع دو شهر سبزوار بودند. با انتشار فراخوان عمومی در سطح شهر، از افراد داوطلب برای شرکت در پژوهش ثبت نام شد. در مرحله بعد، با

³ High-Intensity Interval Training

¹ American College of Sports Medicine

² American Diabetes Association

بررسی شرایط داوطلبان، افرادی که معیارهای لازم برای ورود به مطالعه را داشتند، انتخاب شدند.

شرایط و معیارهای ورود افراد به مطالعه عبارت بود از: تأیید تشخیص دیابت نوع دو براساس استانداردهای انجمن دیابت آمریکا، جنس مذکر، مرد، سن بین ۳۰ تا ۵۵ سال، نداشتن سابقه بیماری‌های قلبی-عروقی، اسکلتی-عضلانی یا متابولیکی که مانع از انجام فعالیت ورزشی شود، عدم انجام منظم ورزش در شش ماه گذشته و عدم دریافت درمان با انسولین. در این مرحله، اهداف پژوهش به‌طور کامل برای داوطلبان تشریح شد و مزایا و خطرات احتمالی مشارکت در این طرح برای آنها توضیح داده شد. سپس از کلیه شرکت‌کنندگان رضایت‌نامه آگاهانه کتبی دریافت گردید. در ادامه، یک پزشک با انجام ارزیابی اولیه شامل بررسی پرونده پزشکی، تکمیل پرسشنامه آمادگی فعالیت بدنی و معاینه فیزیکی، وضعیت سلامت آنان را برای حضور در برنامه تمرینی تأیید کرد. پس از غربالگری اولیه، از میان داوطلبانی که واجد تمام شرایط بودند، تعداد ۲۲ نفر انتخاب شدند. سپس، پس از تکمیل ارزیابی‌های پایه، این افراد به‌صورت تصادفی در دو گروه جای گرفتند: یک گروه تمرین HIIT نظارت نشده (۱۱ نفر) و یک گروه کنترل (۱۱ نفر). از آزمودنی‌ها خواسته شد که روال عادی خود را حفظ کرده و دارو، فعالیت بدنی، رژیم غذایی یا وزن بدن خود را تغییر ندهند.

اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریک و نمونه‌گیری خونی در دو نوبت انجام شد: یک بار ۴۸ ساعت قبل از آغاز مداخله و بار دیگر ۴۸ ساعت پس از پایان آخرین جلسه تمرین. این مطالعه پس از اخذ تأییدیه اخلاقی با کد IR.UOZ.REC.1403.030 از کمیته اخلاق دانشگاه زابل اجرا شد. اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریک شامل قد، وزن، درصد چربی بدن و نمایه توده بدنی^۱ (BMI) بود که با حداقل پوشش و بدون کفش انجام گرفت. وزن با ترازوی ساخت آلمان با دقت ۰/۱ کیلوگرم و قد با استفاده از متر نواری با دقت ۰/۵ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. نمایه توده بدنی از تقسیم وزن (کیلوگرم) بر مجذور قد (متر مربع) به‌دست آمد. ترکیب بدنی شرکت‌کنندگان نیز با دستگاه Body composition (مدل JAWON X-CONTACT 350F ساخت کره جنوبی) ارزیابی شد. طی فرآیند پژوهش، یک نفر از گروه تمرین و یک نفر از گروه کنترل به دلایل شخصی از ادامه همکاری انصراف دادند. یک برنامه تمرینی به‌مدت ۸ هفته، سه جلسه در هفته برای آزمودنی‌های گروه تجربی تجویز شد. آزمودنی‌ها ملزم بودند برنامه تمرینی را به‌مدت ۸ هفته، سه جلسه و بدون نظارت مجری طرح اجرا کنند. آزمودنی‌ها در دو جلسه با نحوه اجرای تمرین و کنترل شدت

تمرین با استفاده از ضربان قلب آشنا شدند. سپس دستورالعملی به آزمودنی‌ها داده شد تا این تمرینات را که برای آنها تجویز شده بود در ۸ طول هفته پیش‌رو به‌صورت شخصی یا در باشگاه یا سایر محیط‌های ورزشی اجرا کنند. پروتکل تمرینی به این شکل بود که آزمودنی‌ها تمرینات HIIT کم‌حجم، جلسه تمرین را با گرم کردن در ۶۵ تا ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه به‌مدت پنج دقیقه آغاز می‌کردند. در هفته‌های اول تا چهارم، دو بازه چهار دقیقه‌ای (۲×۴ دقیقه)، با شدت ۸۵ تا ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه، با ریکاوری فعال سه دقیقه‌ای با شدت ۶۵ تا ۷۵ درصد ضربان قلب بیشینه، دویدند. در هفته‌های پنجم تا هشتم در سه بازه چهار دقیقه‌ای، به تمرین پرداختند. در نهایت، تمرین با یک دوره سرد کردن پنج دقیقه‌ای به پایان می‌رسید. مدت کل جلسه تمرین ۲۱ تا ۲۸ دقیقه بود. برنامه تمرینی برگرفته و اصلاح شده از پروتکل Ahmad و همکاران ۲۰۲۳ بود [۳۵].

برای نمونه‌گیری خونی، شرکت‌کنندگان در وضعیت ناشتایی ۱۲ ساعته در ساعت ۸ صبح، در دو زمان مختلف به آزمایشگاه مراجعه کردند: یک بار ۴۸ ساعت پیش از شروع تمرینات و بار دیگر ۴۸ ساعت پس از پایان آخرین جلسه تمرین. از آنها درخواست شد تا ۴۸ ساعت قبل از هر خون‌گیری، از انجام فعالیت‌های بدنی شدید خودداری کنند. پس از جمع‌آوری، نمونه‌های خون سانتریفیوژ و سرم آنها جدا گردید. سرم‌ها تا زمان انجام آزمایش‌ها در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. غلظت IL-4 با استفاده از کیت الایزای IL-4 انسانی (شرکت SunLong Biotech، چین) و غلظت سابفاتین با استفاده از کیت الایزای سابفاتین انسانی (شرکت SunLong Biotech، چین) تعیین شد. گلوکز ناشتا با استفاده از روش‌های آنزیمی (شرکت پارس آزمون، تهران، ایران) اندازه‌گیری شدند. طبیعی بودن توزیع داده‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک بررسی گردید. پس از تأیید نرمال بودن داده‌ها، از آزمون‌های پارامتریک استفاده شد. برابری واریانس‌ها با آزمون لون ارزیابی شد. برای مقایسه مقادیر پایه متغیرها بین دو گروه، از آزمون تی مستقل استفاده گردید. برای مقایسه تغییرات متغیرها و داده‌ها بین دو گروه پس از مداخله، از تحلیل کوواریانس (ANCOVA) و برای بررسی تغییرات درون هر گروه، از آزمون تی زوجی بهره گرفته شد. تمامی تحلیل‌ها در سطح معناداری ۰/۰۵ انجام شد و از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده گردید.

یافته‌ها

به‌منظور مقایسه متغیرهای در سطوح پایه بین گروه‌ها از آزمون

¹ Body Mass Index

آماري تي مستقل استفاده شد. نتايج تجزيه و تحليل آماری نشان داد که معنی داری وجود ندارد (جدول ۱).

در اندازه گیری های اولیه متغیرهای مطالعه بین دو گروه تفاوت

جدول ۱- مشخصات و ویژگی های تن سنجی آزمودنی ها پیش از شروع مطالعه

مقادیر p	گروه کنترل	گروه تجربی
سن (سال)	۵۱/۰۰±۳/۰۹	۴۸/۱۰±۵/۳۰
قد (متر)	۱/۷۳±۰/۰۵	۱/۷۰±۰/۰۷
وزن (کیلوگرم)	۸۲/۹±۹۶/۲۵	۸۰/۶±۵۶/۱۶
نمایه توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)	۲۷/۳±۵۸/۰۳	۲۸/۴±۱۳/۱۳
سابقه ابتلا به دیابت (سال)	۶/۲±۸۲/۴۰	۶/۳±۱۳/۱۱

داده ها براساس میانگین ± انحراف استاندارد ارائه شده است.

به منظور مقایسه داده های بین گروهی در انتهای مداخله از روش آماری آنالیز کواریانس استفاده شد. همان طور که در جدول ۲ مشاهده می شود، پس از هشت هفته مداخله بدون نظارت، تفاوت معنی داری در شاخص های آنتروپومتریک از جمله وزن بدن ($p=0/26$)، نمایه توده بدنی ($p=0/32$)، و توده چربی بدن ($p=0/13$)، بین گروه تجربی و گروه کنترل مشاهده نمی شود.

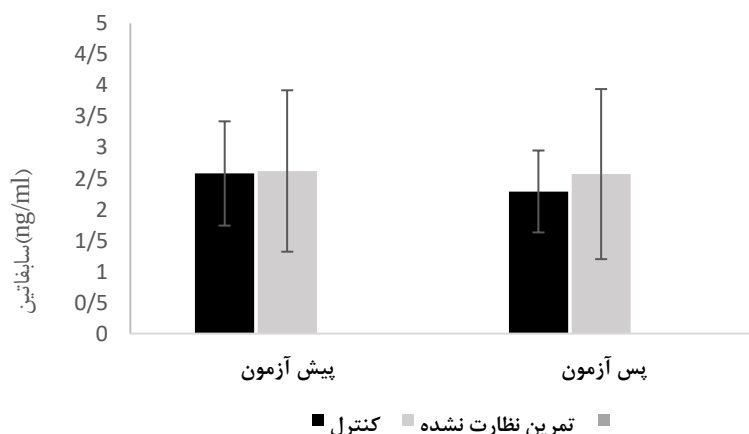
نتایج نشان داد که پس از ۸ هفته تمرین تفاوت معنی داری در

شاخص های گلوکز ناشتا ($p=0/25$)، سابفاتین ($p=0/25$) و IL-4 سرم ($p=0/29$) بین دو گروه تجربی و کنترل وجود ندارد (نمودار ۱ و نمودار ۲). یافته های درون گروهی نیز نشان داد که تغییر معنی داری در شاخص های گلوکز ناشتا ($p=0/098$)، سابفاتین ($p=0/720$) و IL-4 ($p=0/357$) در گروه تجربی در مقایسه با پیش آزمون وجود ندارد.

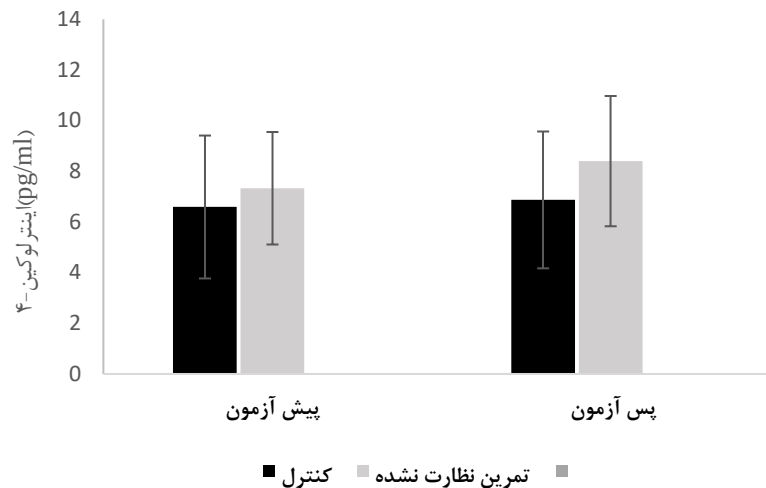
جدول ۲- مقادیر بیوشیمیایی و تن سنجی آزمودنی ها قبل و پس از مداخله

تمرین نظارت شده		گروه کنترل	
پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون
۸۲/۹±۹۶/۲۵	۸۲/۹±۸۷/۳۴	۸۰/۶±۵۶/۱۶	۸۰/۶±۹۵/۶۲
۲۷/۳±۵۸/۰۳	۲۷/۳±۵۶/۱۵	۲۸/۴±۱۳/۱۳	۲۸/۴±۲۸/۳۲
۲۴/۴±۶۵/۵۷	۲۴/۴±۴۲/۲۶	۲۵/۵±۳۵/۶۱	۲۵/۵±۷۷/۵۶
۱۴۷/۲۱±۳۰/۰۲	۱۳۹/۲۸±۹۰/۹۸	۱۵۰/۴۴±۶۰/۴۰	۱۵۱/۴۱±۹۰/۱۱
۲/۱±۶۲/۳۰	۲/۱±۷۵/۳۷	۲/۰±۵۸/۸۴	۲/۰±۲۹/۶۶
۷/۲±۳۳/۲۲	۸/۲±۴۰/۵۷	۶/۲±۵۹/۸۲	۶/۲±۸۷/۷۰

داده ها براساس میانگین ± انحراف استاندارد ارائه شده است.



نمودار ۱- تغییرات سطح سابفاتین آزمودنی ها قبل و بعد از مداخله



نمودار ۲- تغییرات سطح IL-4 آزمودنی‌ها قبل و بعد از مداخله

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تجویز هشت هفته تمرین HIIT کم حجم نظارت نشده در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو، تأثیر معناداری در بهبود وزن بدن، نمایه توده بدنی، توده چربی بدن و گلوکز ناشتا ندارد. همچنین، در مطالعه حاضر سطح سابفاتین و IL-4 در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل به لحاظ آماری تغییر معناداری نداشت.

انجام پژوهش‌های علمی در حوزه تجویز تمرینات ورزشی بدون نظارت، با توجه به گسترش روزافزون سبک زندگی کم‌تحرک و بیماری‌های مرتبط، امری ضروری و حیاتی محسوب می‌شود. از آنجا که دسترسی عموم مردم به مربیان ورزشی و محیط‌های تخصصی ورزشی همواره میسر نیست، طراحی برنامه‌های ورزشی ایمن، مؤثر و شخصی‌سازی شده برای اجرای مستقل، می‌تواند به عنوان یک راهکار مقرون به صرفه و قابل گسترش، نقش مهمی در ارتقای سلامت جامعه ایفا کند. یکی از مهمترین فواید این نوع طرح‌ها قابلیت تعمیم آن به سطوح جامعه است. در این زمینه مطالعات مختلفی به بررسی کارایی و تأثیر تمرینات ورزشی بدون نظارت به‌ویژه در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو پرداخته‌اند که یافته‌ها تا حدی متفاوت بوده است. Cassidy و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی ارزیابی تأثیر ۱۲ هفته تمرینات HIIT و بدون نظارت بر عملکرد اتونوم قلبی-عروقی در بزرگسالان مبتلا به دیابت نوع دو پرداختند. در مطالعه Cassidy و همکاران (۲۰۱۹) مشابه با مطالعه حاضر تغییر معناداری در وزن بدن و نمایه توده بدنی آزمودنی‌ها مشاهده نشد. با این حال برخلاف مطالعه حاضر که در سطوح گلوکز ناشتا تغییر معناداری مشاهده نشد،

سطح ^۱ HbA1c به‌طور معناداری کاهش یافت [۳۳]. با این حال، Chikwere و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی ارتباط تمرینات ورزشی بدون حمایت و نظارت با شاخص‌های تن‌سنجی و بیوشیمیایی در بیماران دیابتی نوع دو پرداختند و گزارش کردند که تمرینات ورزشی بدون پشتیبانی و نظارت با شاخص‌های آنتروپومتریک مطلوب (دور کمر و نمایه توده بدنی)، فشار خون و تری‌گلیسیرید مرتبط است [۳۷]. همچنین Rissanen و همکاران (۲۰۱۸) گزارش دادند که تمرین ورزشی انفرادی یک ساله بدون نظارت، آمادگی قلبی-تنفسی را افزایش می‌دهد اما کنترل قند خون را در بزرگسالان مبتلا به دیابت نوع یک بهبود نمی‌بخشد [۳۸]. Lacroix و همکاران (۲۰۱۷) در یک مطالعه مروری سیستماتیک و فراتحلیل، تأثیر برنامه‌های تمرینی نظارت شده در مقابل بدون نظارت را بر تعادل و قدرت عضلانی سالمندان بررسی کردند. یافته‌های آنها حاکی از آن بود که تمرینات تعادلی و مقاومتی تحت نظارت، بهبود بیشتری در شاخص‌های تعادل و قدرت/توان عضلانی نسبت به برنامه‌های بدون نظارت ایجاد می‌کند. همچنین، گزارش کردند که مزایای تمرینات نظارت شده به‌ویژه در مقایسه با برنامه‌های کاملاً خودمحور، چشم‌گیرتر است [۳۹]. Gómez-Redondo و همکاران (۲۰۲۴)، در یک مرور سیستماتیک و فراتحلیل، تأثیر تمرینات ورزشی نظارت شده و بدون نظارت را بر عملکرد فیزیکی و کیفیت زندگی سالمندان مقایسه کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که هر دو روش ایمن هستند و می‌توانند تأثیرات مثبتی بر عملکرد فیزیکی داشته باشند [۴۰]. در مجموع شواهد و مطالعات پژوهشی حاکی از آن است که، تمرینات نظارت شده در مقایسه با برنامه‌های بدون نظارت، نتایج فیزیولوژیکی

¹ Hemoglobin A1c

و روان‌شناختی مطلوب‌تری به همراه دارد. به‌طوری که، تمرینات نظارت شده با کاهش بیشتر چربی بدن، سطح گلوکز ناشتا و سایر شاخص‌های متابولیکی همراه است [۳۴]. تحقیقات نشان می‌دهد که تمرینات تحت نظارت عموماً نتایج فیزیولوژیکی و روان‌شناختی بهتری در مقایسه با رویکردهای بدون نظارت ایجاد می‌کند. به‌عنوان مثال، تمرینات تحت نظارت با کاهش بیشتر چربی بدن، گلوکز ناشتا و سایر نشانگرهای متابولیک همراه است [۳۴]. Gajanand و همکاران (۲۰۲۰) در یک مطالعهٔ مروری سیستماتیک به بررسی تأثیر تمرینات ورزشی نظارت شده و بدون نظارت بر کنترل قند خون در بیماران دیابت نوع دو پرداختند. آنها نتیجه گرفتند که اگرچه تمرینات بدون نظارت ممکن است در برخی جمعیت‌های بیمار مؤثر باشد، اما انجام تحقیقات بیشتر برای مقایسه دقیق‌تر این دو روش در بیماران دیابتی ضروری است [۳۴]. این مطالعات پیشنهاد کردند که که هنوز نیاز به مطالعات بیشتر در این زمینه ضروری است. مطالعه حاضر نیز نشان داد که تجویز تمرینات نظارت نشده در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو تأثیر معناداری بر شاخص‌های آنروپومتریکی از جمله، وزن، نمایی تودهٔ بدنی و تودهٔ چربی بدن ندارد. اما اینکه چرا در مطالعه ما تغییر معناداری در شاخص‌های آنروپومتری و کنترل قند خون مشاهده نشد ممکن است به عوامل مختلفی مرتبط باشد. یکی از مهمترین این عوامل به‌نظر می‌رسد عدم نظارت بر تمرینات ورزشی تجویز شده و احتمالاً اجرای ناقص یا بدون کیفیت آن به لحاظ فروانی، مدت زمان و شدت تمرین باشد. همچنین به‌نظر می‌رسد یکی از دلایل احتمالی اجرای نامناسب این تمرینات، به فصل اجرای این مطالعه مرتبط باشد. پروتکل تمرینی مطالعه حاضر در فصل زمستان انجام شد و با توجه به اینکه برخی از آزمودنی‌ها ممکن است تمایل به اجرای این تمرینات در محیط بیرون داشته باشند احتمالاً تغییرات دمایی و فصل اجرا ممکن است در این زمینه تأثیر گذار باشد. در تأیید این موضوع باید گفت که مطالعات پژوهشی تأیید کرده‌اند که تغییرات فصلی و جغرافیایی، دسترسی و در دسترس بودن امکانات داخلی و قرار گرفتن در معرض مداخلات بهداشت عمومی، همگی نقش کلیدی در کاهش و یا تغییر سطح فعالیت بدنی افراد دارند [۴۱]. یکی از دیگر از عوامل مؤثر در مشاهده چنین یافته‌ای در مطالعه حاضر احتمالاً به نوع و حجم تمرین مرتبط باشد. ما در مطالعه حاضر از تمرینات HIIT کم حجم استفاده کردیم که احتمال دارد حجم کمتر این تمرین در کنار عدم نظارت بر تمرینات در مشاهده چنین یافته‌هایی دخیل باشد. اینکه نظارت چگونه می‌تواند اثربخشی مداخلات ورزشی را بهبود بخشد باید گفت به‌نظر می‌رسد که

پایبندی کمتر به برنامه‌های ورزشی بدون نظارت، ناشی از اجرای باکیفیت و شدت پایین‌تر تمرینات [۴۲]، تعهد کمتر به برنامه و در نتیجه حجم تمرین کمتر [۴۳، ۴۴]، از مهم‌ترین موارد است. به‌طور مثال، Gómez-Redondo و همکاران (۲۰۲۴) خاطر نشان کردند که در بسیاری از مطالعات، تفاوت قابل توجهی بین مداخلات ورزشی نظارت شده و بدون نظارت وجود دارد. آنها اشاره کردند که متغیرهای تمرینی (مانند حجم، شدت، تناوب و نوع ورزش) در گروه‌های نظارت شده معمولاً بهتر کنترل شده‌اند، که این موضوع، نتیجه‌گیری قطعی دربارهٔ تأثیر این عوامل را دشوار می‌سازد [۴۰].

درخصوص استفاده و اجرای تمرینات HIIT کم حجم، مطالعات معدودی در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو پرداخته‌اند که تمامی این مطالعات به‌صورت نظارت انجام شده و یافته‌ها با یافته‌های مطالعه حاضر متفاوت است. Marcotte-Chénard و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی اثرات تمرینات HIIT با حجم کم در مقایسه با تمرینات مداوم با شدت متوسط بر کنترل قند خون و ترکیب بدن در زنان مسن مبتلا به دیابت نوع دو پرداختند و گزارش کردند که در گروه HIIT کم حجم، تغییر معناداری در گلوکز ناشتا و هموگلوبین گلیکوزیله مشاهده نشد که با یافته‌های مطالعه ما مشابه است [۴۵]. با این حال، Ahmad و همکاران (۲۰۲۳) به مقایسهٔ تأثیر تمرینات HIIT کم حجم و حجم بالا بر کنترل قند خون و کیفیت زندگی در زنان چاق مبتلا به دیابت نوع دو پرداختند. آنها گزارش کردند که HIIT با حجم کم می‌تواند به همان اندازه HIIT با حجم بالا برای بهبود کلسترول تام، HDL^1 ، فشار خون و معیارهای چاقی آنروپومتریکی در زنان چاق مبتلا به دیابت نوع دو مؤثر باشد. با این وجود، با این موضوع نیز اشاره داشتند که HIIT با حجم بالا می‌تواند تأثیر بیشتری بر کنترل قند خون، تری گلیسرید، LDL^2 و آمادگی قلبی تنفسی در این بیماران داشته باشد [۳۵]. Little و همکاران (۲۰۱۱) پیشنهاد کردند که این HIIT کم حجم منجر به کاهش هیپرگلیسمی در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو می‌گردد [۲۵]. Winding و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی و مقایسهٔ تأثیر تمرین HIIT با حجم کم و تمرینات استقامتی بر کنترل قند خون در افراد مبتلا به دیابت نوع دو پرداختند. این مطالعه نشان داد که علی‌رغم کاهش ۴۵ درصدی حجم تمرین، HIIT در مقایسه با تمرین استقامتی منجر به بهبودهای مشابه یا حتی بهتری در آمادگی بدنی، ترکیب بدن و کنترل قند خون می‌شود و پیشنهاد دادند که HIIT با حجم کم ممکن است یک درمان مهم و کارآمد برای افراد مبتلا به دیابت نوع دو در نظر گرفته شود [۲۶]. همان‌طور که مشاهده می‌شود تأثیر تمرینات HIIT کم حجم حتی زمانی که بصورت نظارت

² Low-density lipoprotein¹High-Density Lipoprotein

شده انجام می شود با توجه به ماهیت این نوع تمرین (حجم کم) تا حدی متفاوت بوده است. از این رو کم بودن حجم تمرین در کنار اجرای بدون نظارت آن در این بیماران از دلایل احتمالی عدم مشاهده اثرات معنادار است.

در مطالعه حاضر پس از تجویز ۸ هفته تمرین HIIT کم حجم بدون نظارت تغییر معناداری در سطح سابفاتین سرم در گروه تجربی مشاهده نشد. اکثر مطالعاتی که تأثیر مداخلات ورزشی روی این شاخص را بررسی کرده اند از انواع دیگر تمرینات ورزشی استفاده کرده اند، به طور مثال، Akbulut و همکاران (۲۰۲۲) اثرات انواع مختلف تمرین منظم را بر سطح سابفاتین و آسپروسین بررسی کردند و افزایش قابل توجهی در سابفاتین را در تمام گروه های تمرین مقاومتی، هوازی و HIIT گزارش کردند [۴۶]. Alizadeh و همکاران (۲۰۲۴) به بررسی اثرات تمرین مقاومتی دایره ای بر پروتئین شبه متورین (سابفاتین)، IL-4، ایتروکین-۱۳ (IL-13) و نشانگرهای سلامت متابولیک در افراد دارای اضافه وزن پرداختند. آنها گزارش کردند که تمرین مقاومتی دایره ای به طور معناداری ترشح سابفاتین و IL-4 را افزایش می دهد و به طور بالقوه در بهبود عملکردهای ایمنی و متابولیک در افراد دارای اضافه وزن نقش دارد. همچنین وزن بدن، BMI، درصد چربی بدن را به طور معنی داری کاهش یافت و پروفایل لیپیدی، گلوکز، انسولین و مقاومت به انسولین را در بهبود بخشید [۴۷]. Saeidi و همکاران (۲۰۱۹) اظهار داشتند که با توجه به نقش مهم سابفاتین در کاهش مقاومت به انسولین و بافت چربی، و همچنین ارتباط آن با عوامل خطر قلبی عروقی مانند HDL، LDL، کلسترول و تری گلیسیرید، افزایش سطح سابفاتین از طریق ورزش منظم می تواند سلامت را در جمعیت چاق و دیابتی بهبود بخشد [۴۷]. با این حال بخشی و همکاران (۱۴۰۰) به بررسی تأثیر هشت هفته دویدن تداومی برسطوح سرمی پروتئین شبه متورین و IL-6 در رت های نر مبتلا به سندرم متابولیک پرداختند و مشابه با مطالعه حاضر گزارش کردند که انجام ۸ هفته دویدن تداومی نتوانست بر سطح سرمی متورین تأثیر معنی داری ندارد؛ با این حال، سطح سرمی IL-6 در گروه سندرم متابولیک افزایش معنی داری داشت [۴۸]. به نظر می رسد کم بودن حجم تمرین و اجرای بدون نظارت آن در کیفیت و شدت اجرای تمرین تأثیرگذار است از عوامل احتمالی مشاهده چنین یافته هایی باشد. به نظر می رسد یکی از دیگر دلایل عدم تغییر معنادار سطح سابفاتین در مطالعه ما عدم تغییر وزن و توده چربی بدن بیماران آزمودنی ها باشد. با توجه به ارتباط بین سطح سابفاتین و نمایه توده بدنی و توده چربی بدن [۴۹]، به نظر می رسد عدم کاهش توده چربی و وزن بدن آزمودنی ها در عدم تغییر این شاخص مؤثر باشد. مطالعه حاضر نشان داد که هشت هفته تمرین HIIT کم حجم، تأثیر

معنی داری بر سطح IL-4 در مردان مبتلا به دیابت نوع دو ندارد. مطالعات مختلفی تأثیر انواع مختلف تمرینات ورزشی را بر سطح IL-4 بررسی کرده اند که یافته های آنها تا حدودی متفاوت بوده است. Zabetian و همکاران (۲۰۱۶) تأثیر هشت هفته تمرین استقامتی را بر سطح سرمی ایتروکین-۲ و IL-4 در مردان غیرفعال بررسی کردند و افزایش غیرمعنی داری در سطح سرمی IL-2 و IL-4 پس از یک برنامه تمرین استقامتی ۸ هفته ای را مشاهده کردند [۵۰]. Conroy و همکاران (۲۰۱۶) تأثیر تمرین هوازی را بر سطوح IL-4 و IL-10 در زنان غیرفعال، سالم و یائسه را مورد بررسی قرار دادند و تفاوت معنی داری بین گروه های مطالعه در سطح IL-4 گزارش نکردند [۵۱]. Boyd و همکاران (۲۰۱۲) اثر ۱۲ هفته برنامه تمرین هوازی با شدت ۶۰ الی ۷۵ درصد حداکثر ضربان قلب را در مارکرهای التهابی سرم افراد مبتلا به آسم بررسی کردند که براساس نتایج مطالعه، تغییر معنی داری در سطح سرمی IL-4 و سایر ایتروکین های ارزیابی شده گزارش نشد [۵۲]. با این حال، Alizadeh و همکاران (۲۰۲۴) گزارش کردند که تمرین مقاومتی دایره ای در افراد دارای اضافه وزن به طور معنی داری IL-4 را افزایش می دهد [۴۷]. مطالعات همیشه بیان کرده اند که ارتباط بین ورزش و سایتوکاین ها پیچیده و بحث برانگیز است. شدت تمرین، وضعیت تمرینی آزمودنی ها، محل اندازه گیری سایتوکاین (مثلاً بافت، پلاسما یا ادرار)، ویژگی و حساسیت روش های اندازه گیری و نوع سایتوکاین ها، همگی در این رابطه نقش دارند [۵۳]. یافته های مطالعه حاضر از این فرضیه که ورزش هوازی منظم منجر به افزایش سطح پایه IL-4 می شود، پشتیبانی نمی کند. به نظر می رسد عوامل متعددی در وقوع و مشاهده چنین نتایجی دخیل هستند، از جمله تفاوت در نوع آزمودنی ها (سالم یا بیمار)، سطح پایه سایتوکین و مدت زمان دوره تمرین و حجم تمرین [۵۱]. به نظر می رسد مدت زمان کوتاه دوره تمرین (هشت هفته) و حجم کم تمرین در یک جلسه یکی از دلایل عدم وجود چنین نتایجی باشد. برنامه های ورزشی بدون نظارت اغلب در تحقیقات تأثیر کمی نشان می دهند، زیرا کاملاً به رفتار انسان متکی هستند که کنترل آن دشوار است. مسئله اصلی، پایداری و وفاداری ضعیف به برنامه است- بیماران به ندرت «دوز» تجویز شده ورزش را از نظر شدت، مدت یا فراوانی انجام می دهند [۵۴]. بدون وجود ناظری که بازخورد، اصلاح و انگیزه را در زمان ارائه دهد، افراد تمایل به استفاده از فرم ضعیف دارند، نمی توانند به درستی پیشرفت کنند و احتمال بیشتری دارد که ورزش را ترک کنند یا آسیب ببینند. علاوه بر این، نتایج تحقیقات به دلیل سوگیری خودگزارشی (بیماران در مورد تلاش خود اغراق می کنند) و تجزیه و تحلیل قصد درمان (شامل بیماران غیرمطابق در نتایج) منحرف می شوند [۴۳]. به طور خلاصه، مطالعات پیشنهاد

تعارض منافع

نویسندگان در این پژوهش هیچگونه تعارض منافع را اعلام نکرده‌اند.

سیاسگزاری

بدین وسیله از حمایت‌های دانشگاه نیشابور و تمامی عزیزان و شرکت‌کنندگانی که ما را در انجام تحقیق حاضر یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر پیشنهاد می‌کند که تجویز تمرین HIIT کم‌حجم، به‌صورت نظارت نشده تأثیر معناداری در بهبود شاخص‌های آنروپومتری، گلوکز ناشتا و سطوح سافاتین و IL-4 در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو ندارد. بنابراین توصیه می‌شود مطالعات بیشتری روی این نوع تمرینات و به‌صورت نظارت شده انجام گردد.

References

- Matthews DR, Hosker JP, Rudenski AS, Naylor B, Treacher DF, Turner R. Homeostasis model assessment: insulin resistance and β -cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *diabetologia*. 1985;28:412-9.
- Huang X, He Y, Xu H, Shen Y, Pan X, Wu J, et al. Association between sociodemographic status and the T2DM-related risks in China: implication for reducing T2DM disease burden. *Frontiers in Public Health*. 2024; 11:1297203.
- Dai H, Alsallhe TA, Chalhaf N, Riccò M, Bragazzi NL, Wu J. The global burden of disease attributable to high body mass index in 195 countries and territories, 1990–2017: An analysis of the Global Burden of Disease Study. *PLoS medicine*. 2020; 17(7):e1003198.
- Kim J, Oh C-M, Kim H. The interplay of adipokines and pancreatic beta cells in metabolic regulation and diabetes. *Biomedicines*. 2023; 11(9):2589.
- Huang S, Cao L, Cheng H, Li D, Li Y, Wu Z. The blooming intersection of subfatin and metabolic syndrome. *Reviews in Cardiovascular Medicine*. 2021; 22(3):799-805.
- Rao RR, Long JZ, White JP, Svensson KJ, Lou J, Lokurkar I, et al. Meteorin-like is a hormone that regulates immune-adipose interactions to increase beige fat thermogenesis. *Cell*. 2014; 157(6):1279-91.
- Cavli C, Önalın E, Yakar B, Dönder E, Buran İ, Önalın E. Low serum levels of meteorin-like/subfatin is related to obesity and insulin resistance. *Family Practice and Palliative Care*. 2022; 7(5):137-41.
- El-Ashmawy HM, Selim FO, Hosny TA, Almassry HN. Association of low serum Meteorin like (Metrl) concentrations with worsening of glucose tolerance, impaired endothelial function and atherosclerosis. *Diabetes research and clinical practice*. 2019; 150:57-63.
- Chung HS, Hwang SY, Choi JH, Lee HJ, Kim NH, Yoo HJ, et al. Implications of circulating Meteorin-like (Metrl) level in human subjects with type 2 diabetes. *Diabetes research and clinical practice*. 2018; 136:100-7.
- Lee JH, Kang YE, Kim JM, Choung S, Joung KH, Kim HJ, et al. Serum Meteorin-like protein levels decreased in patients newly diagnosed with type 2 diabetes. *Diabetes research and clinical practice*. 2018;135:7-10.
- Yilmaz M, Cagri Goktekin M, İlhan N. Subfatin concentration decreases in acute coronary syndrome. *Biochemia Medica*. 2022; 32(2):209-16.
- Ferns GA, Fekri K, Shahini Shams Abadi M, Banitalebi Dehkordi M, Arjmand M-H. A meta-analysis of the relationship between serums metrl-like protein/subfatin and risk of type 2 diabetes mellitus and coronary artery disease. *Archives of Physiology and Biochemistry*. 2023; 129(5):1084-90.
- Nabilpour M, Sadeghi A. Effect of eight-week aerobic moderate-intensity continuous training on IL-1 β and IL-13 levels of soleus muscle tissue in male diabetic rats. 2021.
- Chang Y, Ho K, Lu S, Huang C, Shiau M. Regulation of glucose/lipid metabolism and insulin sensitivity by interleukin-4. *International journal of obesity*. 2012; 36(7):993-8.
- Shih Y-L, Ho K-T, Tsao C-H, Chang Y-H, Shiau M-Y, Huang C-N, et al. Role of cytokines in metabolism and type 2 diabetes mellitus. *Int J Biomed Lab Sci*. 2013; 2(1):1-6.
- Borse SP, Chhipa AS, Sharma V, Singh DP, Nivsarkar M. Management of type 2 diabetes: current strategies, unfocussed aspects, challenges, and alternatives. *Medical Principles and Practice*. 2021; 30(2):109-21.
- Hamasaki H. Daily physical activity and type 2 diabetes: A review. *World journal of diabetes*. 2016; 7(12):243.
- Colberg SR, Sigal RJ, Fernhall B, Regensteiner JG, Blissmer BJ, Rubin RR, et al. Exercise and type 2 diabetes: the American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. *Diabetes Care*. 2010; 33(12):e147-e67.
- Fagour C, Gonzalez C, Pezzino S, Florenty S, Rosette-Narece M, Gin H, et al. Low physical activity in patients with type 2 diabetes: the role of obesity. *Diabetes & Metabolism*. 2013; 39(1):85-7.
- Sabag A, Little JP, Johnson NA. Low-volume high-intensity interval training for cardiometabolic health. *The Journal of physiology*. 2022; 600(5):1013-26.
- Alvarez C, Ramirez-Campillo R, Martinez-Salazar C, Mancilla R, Flores-Opazo M, Cano-Montoya J, et al. Low-volume high-intensity interval training as a therapy for type 2 diabetes. *International journal of sports medicine*. 2016;37(09):723-9.
- Gallo-Villegas J, Restrepo D, Pérez L, Castro-Valencia LA, Narvaez-Sanchez R, Osorio J, et al. Safety of high-intensity, low-volume interval training or continuous aerobic training in adults with metabolic syndrome. *Journal of Patient Safety*. 2022; 18(4):295-301.
- Way KL, Sabag A, Sultana RN, Baker MK, Keating SE, Lanting S, et al. The effect of low-volume high-intensity interval training on cardiovascular health outcomes in

- type 2 diabetes: A randomised controlled trial. *International journal of cardiology*. 2020; 320:148-54.
24. Ahmadzadeh S, Gholami M, Soheili S, Ghazalian F. The effect of eight weeks aerobic training and omega3 ingestion on the levels of adipon and insulin resistance in overweight and obese women. *Women's Health Bulletin*. 2021; 8(3):134-41.
 25. 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. *Journal of applied physiology*. 2011; 111(6):1554-60.
 26. Winding KM, Munch GW, Iepsen UW, Van Hall G, Pedersen BK, Mortensen SP. The effect on glycaemic control of low-volume high-intensity interval training versus endurance training in individuals with type 2 diabetes. *Diabetes, Obesity and Metabolism*. 2018; 20(5):1131-9.
 27. de Oliveira JG, de França SP. Barreiras percebidas para a prática regular de atividade física de idosos. *Geriatrics, Gerontology and Aging*. 2014; 8(3):165-70.
 28. Morgan F, Battersby A, Weightman AL, Searchfield L, Turley R, Morgan H, et al. Adherence to exercise referral schemes by participants—what do providers and commissioners need to know? A systematic review of barriers and facilitators. *BMC public health*. 2016; 16(1):227.
 29. Kis O, Buch A, Stern N, Moran DS. Minimally supervised home-based resistance training and muscle function in older adults: A meta-analysis. *Archives of gerontology and geriatrics*. 2019; 84:103909.
 30. Yi D, Yim J. Remote home-based exercise program to improve the mental state, balance, and physical function and prevent falls in adults aged 65 years and older during the COVID-19 pandemic in Seoul, Korea. *Medical science monitor: International medical journal of experimental and clinical research*. 2021; 27:e935496-1.
 31. Peiris CL, van Namen M, O'Donoghue G. Education-based, lifestyle intervention programs with unsupervised exercise improve outcomes in adults with metabolic syndrome. A systematic review and meta-analysis. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*. 2021; 22(4):877-90.
 32. Manas A, Gomez-Redondo P, Valenzuela PL, Morales JS, Lucia A, Ara I. Unsupervised home-based resistance training for community-dwelling older adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Ageing research reviews*. 2021; 69:101368.
 33. Cassidy S, Vaidya V, Houghton D, Zalewski P, Seferovic JP, Hallsworth K, et al. Unsupervised high-intensity interval training improves glycaemic control but not cardiovascular autonomic function in type 2 diabetes patients: A randomised controlled trial. *Diabetes and Vascular Disease Research*. 2019; 16(1):69-76.
 34. Gajananand T, Keating SE, Brown WJ, Hordern MD, Fassett RG, Coombes JS. Comparing the efficacy of supervised and unsupervised exercise training on glycaemic control in type 2 diabetes: a systematic review. *Current diabetes reviews*. 2020; 16(6):570-9.
 35. Ahmad AM, Mahmoud AM, Serry ZH, Mohamed MM, Abd Elghaffar HA. Effects of low-versus high-volume high-intensity interval training on glycemic control and quality of life in obese women with type 2 diabetes. A randomized controlled trial. *Journal of Exercise Science & Fitness*. 2023; 21(4):395-404.
 36. Zimmet P, Alberti K, Shaw J. Global and societal implications of the diabetes epidemic. *Nature*. 2001;414(6865):782-7.
 37. Chikwere P, Nsiah K, Tandoh M. Relation of unsupported and unsupervised exercise with anthropometric and biochemical indices among type 2 diabetic patients. *Turkish Journal of Medical Sciences*. 2017; 47(1):85-90.
 38. Rissanen A-PE, Tikkanen HO, Koponen AS, Aho JM, Peltonen JE. One-year unsupervised individualized exercise training intervention enhances cardiorespiratory fitness but not muscle deoxygenation or glycemic control in adults with type 1 diabetes. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2018; 43(4):387-96.
 39. Lacroix A, Hortobágyi T, Beurskens R, Granacher U. Effects of supervised vs. unsupervised training programs on balance and muscle strength in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*. 2017; 47:2341-61.
 40. Gómez-Redondo P, Valenzuela PL, Morales JS, Ara I, Mañas A. Supervised versus unsupervised exercise for the improvement of physical function and well-being outcomes in older adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Sports Medicine*. 2024; 54(7):1877-906.
 41. Oguoma VM, Daniel M, Schroers R-D, Abu-Farha M, Al-Refaei FH, Al-Mulla F, et al. Physical activity patterns and environmental influences: Findings from the Kuwait diabetes epidemiology program. *Global Epidemiology*. 2025:100232.
 42. Lacroix A, Kressig RW, Muehlbauer T, Gschwind YJ, Pfenninger B, Bruegger O, et al. Effects of a supervised versus an unsupervised combined balance and strength training program on balance and muscle power in healthy older adults: a randomized controlled trial. *Gerontology*. 2016; 62(3):275-88.
 43. Stathi A, McKenna J, Fox K. Processes associated with participation and adherence to a 12-month exercise programme for adults aged 70 and older. *Journal of Health Psychology*. 2010; 15(6):838-47.
 44. Wu G, Keyes L, Callas P, Ren X, Bookchin B. Comparison of telecommunication, community, and home-based Tai Chi exercise programs on compliance and effectiveness in elders at risk for falls. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2010; 91(6):849-56.
 45. Marcotte-Chénard A, Tremblay D, Mony M-M, Boulay P, Brochu M, Morais JA, et al. Acute and chronic effects of low-volume high-intensity interval training compared to moderate-intensity continuous training on glycemic control and body composition in older women with type 2 diabetes. *Obesity*. 2021; 1(2):72-87.
 46. Akbulut T, Cinar V, Ugur K, Yardim M, Karagoz Z, Aydin S. Effect of regular exercise on the levels of subfatin and asprosin: a trial with different types of exercise. *European Review for Medical & Pharmacological Sciences*. 2022;26(8).
 47. Alizadeh H, Safarzade A. Effects of circuit resistance training on serum myokine METRNL, cytokines, insulin resistance, body composition, and lipid profile in overweight participants: A 6-week intervention study. 2024.
 48. Bakhshi Z, Nayeibifar S, Salehikia A, Nakhaei H. Effect of 8 weeks of continuous running on serum levels of Meteorine like protein and Interleukin-6 in male rats

- with syndrome metabolic. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*. 2021; 9(19):78-89.
49. Ugur K, Erman F, Turkoglu S, AYDIN Y, Aksoy A, Lale A, et al. Asprosin, visfatin and subfatin as new biomarkers of obesity and metabolic syndrome. *European Review for Medical & Pharmacological Sciences*. 2022; 26(6).
 50. Zabetian H, Sahraei R, Hakimelahi H, Yusefi A, Sanie MS, Erfanian S, et al. Effect of Eight Week Endurance Training on Serum Levels of Interleukin-2 and Interleukin-4 in Sedentary Men. *Journal of Novel Applied Sciences*. 2016; 5(5):176-81.
 51. Conroy SM, Courneya KS, Brenner DR, Shaw E, O'Reilly R, Yasui Y, et al. Impact of aerobic exercise on levels of IL-4 and IL-10: results from two randomized intervention trials. *Cancer medicine*. 2016; 5(9):2385-97.
 52. Boyd A, Yang CT, Estell K, Ms CT, Gerald LB, Dransfield M, et al. Feasibility of exercising adults with asthma: a randomized pilot study. *Allergy, Asthma & Clinical Immunology*. 2012; 8(1):13.
 53. Mallardo M, Daniele A, Musumeci G, Nigro E. A narrative review on adipose tissue and overtraining: shedding light on the interplay among adipokines, exercise and overtraining. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024; 25(7):4089.
 54. Fennell C, Peroutky K, Glickman E. Effects of supervised training compared to unsupervised training on physical activity, muscular endurance, and cardiovascular parameters. *MOJ Orthop Rheumatol*. 2016; 5(4):00184.