

● مقاله تحقیقی

تأثیر شش هفته تمرین تناوبی با $\dot{V}O_2\max$ ۹۰٪ بر شاخص آتروژنیک، مقاومت به انسولین و عملکرد سلول‌های بتا در مردان دارای اضافه وزن

مهدی محمدی^۱، *رستم علی زاده^۲، لیدا مرادی^۳

چکیده

مقدمه: تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT) به نسبت تمرینات تداومی بهبودی نسبی بیشتری در ظرفیت‌های حداکثری ورزشی، آنزیم‌های میتوکندریایی و سایر فاکتورهای سلولی درگیر در متابولیسم انرژی ایجاد می‌نمایند؛ در این راستا هدف تحقیق حاضر، بررسی تأثیر شش هفته تمرین HIIT بر شاخص مقاومت به انسولین، HOMA-beta cell و شاخص آتروژنیک در افراد دارای اضافه‌وزن است.

روش بررسی: آزمودنی‌های این تحقیق را ۲۴ مرد دارای اضافه وزن تشکیل دادند که به دو گروه تمرین تناوبی و کنترل تقسیم شدند. در جلسات مختلف، آزمودنی‌ها با محیط آزمایشگاه آشنا و اندازه‌گیری‌های قد، وزن، ترکیب بدنی و حداکثر اکسیژن مصرفی انجام شد. قبل و ۴۸ ساعت پس از دوره تمرینات HIIT در حالت ناشتایی، از شریان بازویی آزمودنی‌ها نمونه‌گیری خونی برای ارزیابی میزان گلوکز، انسولین، کلسترول تام، HDL و LDL گرفته شد.

یافته‌ها: نتایج آماری تغییر معنی‌دار انسولین، مقاومت به انسولین و نیز شاخص عملکرد سلول‌های بتا را نشان داد اما گلوکز، نیم‌رخ لیپیدی و شاخص آتروژنیک تغییرات معنی‌دار نشان نداد.

بحث و نتیجه‌گیری: هرچند که تمرینات HIIT در مدت زمان کوتاهی انجام می‌شود، اما اثرهای مفید و مشابه تمرینات هوازی و سایر اشکال تمرینی دارد که نیازمند صرف زمان بیشتری است. از این رو می‌توان گفت که این نوع تمرینات در افراد غیرفعال و دارای اضافه وزن راهکار مفیدی برای بهبود حساسیت به انسولین و همچنین کاهش خطر بیماری‌های مرتبط با نیم‌رخ لیپیدی، گلوکز، انسولین و درصد چربی بالا است. به همین دلیل پیشنهاد می‌شود افراد دارای اضافه‌وزن و حتی افراد سالم از این نوع تمرینات برای بهره‌مندی از فواید آن استفاده نمایند.

کلمات کلیدی: تمرینات تناوبی، انسولین، متابولیسم لیپیدی، کاهش وزن

(سال بیستم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۷، مسلسل ۶۴)
تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۳۰

فصلنامه علمی پژوهشی ابن سینا / اداره بهداشت، امداد و درمان نهجا
تاریخ دریافت: ۹۶/۹/۲۵

۱. کارشناس ارشد، تهران، ایران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال
۲. استادیار، ایلام، ایران، دانشگاه ایلام (**مؤلف مسئول)
r.alizadeh@ilam.ac.ir
۳. استادیار، تهران، ایران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

مقدمه

شیوع سندرم متابولیک با افزایش چاقی در سراسر جهان در حال رشد است. افراد دارای سندرم متابولیک در آینده دچار تعداد زیادی از بیماری‌ها می‌شوند و همچنین احتمال مرگ آنها به خاطر بیماری‌های قلبی عروقی بیشتر است. ویژگی‌های سندرم متابولیک شامل چاقی شکمی، تصلب شرایین، بی‌نظمی لیبیدی، فشارخون و مقاومت انسولینی است. در مجموع فاکتورهای متابولیکی و فنوتیپی باعث می‌شوند که فرد دچار بیماری‌های مزمن شود. میزانی که بر اساس آن لیپوپروتئین‌ها باعث تصلب شریان می‌شوند تا حدی بستگی به اندازه آنها و توانایی ورود به دیواره سرخرگ دارد [۱]. LDL پروتئین آتروژنیک اصلی و نشان‌دهنده خطر لیبید است و ارتباط زیادی با وقایع آتروژنیک دارد، افزایش ۱۰ درصدی در LDL باعث افزایش تقریباً ۲۰ درصدی در خطر بیماری قلبی (CHD) می‌شود [۱، ۲]. تری‌گلیسیریدها نیز نقشی در افزایش وقایع CHD دارند، اگرچه ارتباط آنها با بیماری قلبی پیچیده است و می‌تواند مرتبط با دیگر عوامل خطر ساز همانند LDL و HDL، چاقی شکمی، مقاومت انسولینی و پرفشارخونی باشد [۳]. از سوی HDL، خطر تصلب شریان و بیماری قلبی را کاهش می‌دهد و هر چه سطح HDL پایین‌تر باشد، خطر بیماری قلبی بیشتر است، HDL یکی از عوامل خطر لیپوپروتئین در زندگی است که تغییرات رفتاری را در پی دارد و به شدت تحت تأثیر چاقی، سیگار و فعالیت بدنی است [۱].

در همین زمینه گزارش شده است که اکثر مطالعات صورت گرفته در مورد تأثیر فعالیت بر LDL، مربوط به تمرینات هوازی به‌تنهایی (بدون کاهش وزن) بوده است که به‌طور ذاتی LDL را کاهش نمی‌دهد [۴]. برای مثال در یک مطالعه فراتحلیلی که در مورد اثرات تمرین ورزشی بر لیبید در بزرگسالان دچار اضافه‌وزن یا چاق (کمتر از ۶۰ سال) انجام شده است و شامل ۹ مطالعه RCT با تمرینات هوازی و مقاومتی

بود، اثر نسبی بر اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریکی مانند BMI و دور کمر دیده شد اما بر LDL تأثیری نداشته است. لذا نویسندگان نتیجه‌گیری کردند که در افراد با سطوح بالای LDL رژیم غذایی به نسبت فعالیت هوازی اثرگذارتر است [۵]. در مجموع، داده‌های حاصل از مطالعات فراتحلیل از این یافته که تمرینات هوازی بر LDL تأثیر یکسان ندارند حمایت می‌کنند؛ اندک اطلاعات موجود در خصوص پروتکل‌های تمرین مقاومتی از تأثیر احتمالی آن بر کاهش LDL حمایت می‌کند. در یک فراتحلیل که شامل ۲۳ مطالعه تمرینات مقاومتی بود فقط ۹ مورد از آنها کاهش معنی‌دار ۵ تا ۲۳ درصدی به دنبال ۱۲ هفته تمرین در افراد بزرگسال گزارش کردند. تغییر در ترکیب بدنی (کاهش چربی شکمی و زیرپوستی و افزایش توده بدون چربی) از اثرات تمرینات مقاومتی بر افراد دچار LDL بالا است [۶].

اما در خصوص تأثیر تمرین بر HDL گزارش شده است که برخلاف LDL در مقابل تمرینات هوازی منعطف‌تر است، رابطه محرک پاسخ به تمرینات هوازی قوی بوده و به نظر می‌رسد که در آستانه حجم پایین به دست آید. همچنین در یک فراتحلیل که شامل ۲۵ مطالعه RCT مخصوص تأثیر تمرین هوازی بر HDL بود، گزارش شده است که با انجام تمرینات، به‌طور میانگین ۲/۵ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر تغییر معنی‌دار وجود دارد. حداقل حجم فعالیت برای افزایش در حدود ۱۲۰ دقیقه در هفته برآورد شده است و به ازای هر ۱۰ دقیقه فعالیت بیشتر، ۱/۴ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر HDL افزایش می‌یابد. متأسفانه در میان مردان با HDL پایین (کمتر از ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر) تأثیر تمرین هوازی کم بوده است. همچنین ممکن است که شدت فعالیت بر تغییرات HDL تأثیر بگذارد. در مقابل به نظر می‌رسد که تمرینات مقاومتی تأثیر کمی بر HDL داشته باشند [۷].

به علت ارتباط بین تری‌گلیسیرید و نسبت HDL به LDL و پیچیدگی آن و همچنین تأثیرپذیری تری‌گلیسیرید از فاکتورهای بی‌شمار فیزیولوژیکی و رفتاری همانند مقاومت انسولینی، جنسیت،

نیست [۶].

ضرورت مطالعه مروری منظم شامل رشد فزاینده منابع و شواهد، شکاف اطلاعاتی، نتایج متفاوت یا متناقض در یک حیطه مرتبط با سلامت و خطای تصادفی تک تک مطالعات اولیه است. همان گونه که ذکر گردید، در زمینه تأثیر تمرینات هوازی، مقاومتی و همزمان مطالعات مروری متعددی انجام شده است، اما در خصوص تمرینات تناوبی با شدت بالا مطالعه مروری سیستماتیک مشاهده نشد، این امر نشان می‌دهد در خصوص تمرینات تناوبی با شدت بالا هنوز رشد فزاینده منابع و شواهد وجود ندارد و اندک مطالعات اولیه صورت گرفته نتایج متناقضی گزارش کرده‌اند؛ از طرفی محققین گزارش کرده‌اند که باید به تجویز فعالیت بهینه برای افراد دارای سندرم متابولیک و میزان پاسخ و تحمل‌پذیری در تحقیقات آینده توجه شود. به همین دلیل در این تحقیق از تمرینات تناوبی با شدت بالا استفاده شده است، چون تمرین HIIT به عنوان روشی مؤثر در کنترل وزن بدن شناخته شده‌اند و همچنین موجب بهبود مقاومت به انسولین، افزایش بیان ژن GLUT4 و تحریک نوزایی میتوکندریایی^۱ می‌شوند [۹]. برنامه‌های تمرینی کوتاه مدت (۲-۶ هفته) مدل تمرینی جایگزینی هستند که باعث تحریک سازگاری‌های فیزیولوژیک و بهبود بیومارکرهای سلامت متابولیکی بدن می‌شوند [۱۰، ۱۱]. با توجه به اینکه تمرینات تناوبی، هر دو سیستم تأمین انرژی هوازی و بی‌هوازی را درگیر می‌نماید، مطالعات نشان داده است که این نوع برنامه تمرینی (HIIT) نسبت به تمرینات تداومی، بهبودی نسبی بیشتری در ظرفیت‌های حداکثری ورزشی، آنزیم‌های میتوکندریایی و سایر فاکتورهای سلولی درگیر در متابولیسم انرژی ایجاد می‌نماید [۱۲، ۱۳]. علاوه بر این اجرای تمرینات ورزشی با رویکردهای تمرینی جدید با ایجاد تنوع در برنامه تمرینی و خارج شدن از حالت‌های تمرینی که با شدت مشخص و مدت زمان مشخص، فعالیت ورزشی انجام می‌شود، احساس رضایت بیشتری را نسبت به رژیم‌های تمرینی، دارویی و درمانی در افراد ایجاد می‌کند. بنابراین

سیگار کشیدن، مصرف الکل، چاقی و کاهش وزن، به سختی می‌توان تأثیر مستقل تمرین بر تری‌گلیسیرید را بررسی کرد. به همین علت داده‌ها در مورد تمرینات هوازی و مقاومتی متفاوت است. به طور مثال در یک مقاله مروری سیستماتیک، ۸۴ مورد بررسی شد که ۳ مورد از ۲۷ مطالعه، فعالیت هوازی با شدت متوسط، ۱۲ مورد از ۳۵ مطالعه، فعالیت هوازی با شدت بالا و ۳ مورد از ۲۳ مطالعه، تمرین مقاومتی کاهش تری‌گلیسیرید را گزارش کرده بودند [۶].

باید توجه داشت که شواهد و تحقیقات جدید از تأثیر بیشتر تمرینات هوازی و مقاومتی به صورت همزمان بر لیپید-لیپوپروتئین از طریق افزایش مقدار HDL و کاهش LDL در همه افراد دارد. به طور مثال در یک مطالعه تصادفی اثر ۱۲ هفته تمرین هوازی با تمرینات دایره با شدت بالا (شامل تمرینات هوازی و مقاومتی به طور همزمان) مقایسه شده است که نتایج آن حاکی از کاهش تقریباً ۲۰ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر LDL در تمرینات همزمان نسبت به تمرینات هوازی (تقریباً با کاهش ۴ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)، همچنین افزایش ۵ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر در گروه تمرینات همزمان در مقابل تقریباً بدون تغییر HDL در گروه هوازی بوده است [۸]. به علاوه در یک مطالعه مروری سیستماتیک که اثر هشت هفته تمرین هوازی، مقاومتی و همزمان بر چربی خون را بررسی کرده بودند، نویسندگان به طور ویژه گزارش کردند که تمرینات همزمان باعث بهبود HDL (۳/۵ تا ۲۳٪) و کاهش LDL (۴ تا ۳۴٪) می‌شوند. علاوه بر این، در یک مطالعه مروری سیستماتیک نیز مشخص شد که از مجموع ۸۴ مطالعه بررسی شده، (۵۸ مورد از آن از نوع RCT) فقط هشت مطالعه از پروتکل تمرینات همزمان استفاده کرده‌اند [۶].

شواهد ذکر شده، نشان‌دهنده نیاز به تحقیقات بیشتر است تا میزان مناسب تمرینات هوازی و مقاومتی برای اصلاح علائم زیستی و غیرطبیعی لیپید-لیپوپروتئین مشخص شود، به علاوه مشخص شده است که افزایش قدرت عضلانی در زنان باعث کاهش خطر سندرم متابولیک می‌شود اما در مردان چندان مؤثر

آزمایشگاهی الایزا^۵ برای اندازه‌گیری انسولین و گلوکز، فریزر و دستگاه سانتریفوژ جهت نگهداری و جدا کردن پلاسما نمونه‌های خونی، دستگاه میکروپلیت ریدر برای اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی استفاده شد.

تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_2max) با استفاده از تست پیشرونده بر روی تردمیل تا حد خستگی ارادی تعیین شد. در ابتدا تمامی آزمودنی‌ها یک جلسه جهت آشنایی با محیط آزمایشگاه، تردمیل و آزمون حداکثر اکسیژن مصرفی به آزمایشگاه مراجعه نمودند. یک هفته قبل از شروع دوره تمرینی، تمامی آزمودنی‌ها برای تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی به آزمایشگاه مراجعه نمودند. در این جلسه پس از ۱۰ دقیقه گرم کردن، آزمون اصلی با سرعت ۶ کیلومتر در ساعت را شروع و پس از دو دقیقه دویدن در این سرعت، هر ۲ دقیقه ۱ کیلومتر در ساعت به سرعت ۹ کیلومتر در ساعت، بدون افزایش در سرعت هر ۱ دقیقه ۱٪ به شیب دستگاه افزوده شد تا وقتی که فرد به خستگی ارادی رسید [۱۴]. در سرتاسر آزمون تجزیه گازهای تنفسی با استفاده از دستگاه گازآنالایزر انجام شده و ضربان قلب به طور پیوسته با استفاده از ضربان‌سنج دیجیتالی ثبت گردید. آزمودنی‌ها میزان درک از تلاش^۶ خود را هر یک دقیقه بر اساس معیار ۲۰-۶ نمره‌ای مقیاس بورگ بیان می‌نمودند. حداکثر اکسیژن مصرفی با استفاده از معیارهای فیزیولوژیکی انجمن بریتانیایی علوم ورزش و فعالیت بدنی^۷ تأیید شد که شامل: نسبت تبادل تنفسی بالاتر از ۱/۱۵، رسیدن به فلات اکسیژن مصرفی با افزایش میزان بار، ضربان قلب در سطح حداکثر میزان پیش بینی شده بر اساس فرمول (۲۲۰) منهای سن=حداکثر ضربان قلب) و درک از تلاش.

آزمودنی‌ها در سه جلسه مجزا به آزمایشگاه دعوت شدند. جلسه اول، شامل آشنایی با محیط آزمایشگاه و اندازه‌گیری قد،

هدف تحقیق حاضر بررسی شش هفته تأثیر تمرین HIIT بر شاخص مقاومت به انسولین، HOMA-beta cell و شاخص آتروژنیک در افراد دارای اضافه وزن بود.

روش بررسی

آزمودنی‌های این تحقیق را ۲۴ مرد دارای اضافه وزن تشکیل دادند که به دو گروه تمرین تناوبی (۱۲ نفر) و کنترل (۱۲ نفر) تقسیم شدند (سن $25/3 \pm 2/51$ سال و قد $170/4 \pm 3/2$ سانتی‌متر). آزمودنی‌ها از طریق اطلاعیه و به صورت داوطلبانه (بعد از مطالعه کامل جزئیات تحقیق) در این تحقیق شرکت کردند. جهت تعیین سطح سلامت و فعالیت بدنی آزمودنی‌ها از آنها خواسته شد که پرسشنامه مربوط به سلامت و سطح فعالیت بدنی را تکمیل نمایند. از طریق اطلاعات به دست آمده از پرسشنامه افرادی که سابقه بیماری‌های قلبی-عروقی، دیابت، مصرف سیگار و یا استفاده از داروی خاصی را داشتند شناسایی و از مطالعه خارج شدند. از آزمودنی‌ها خواسته شد که ۲۴ ساعت قبل از شروع آزمون‌های ورزشی، از فعالیت بدنی شدید و یا مصرف مواد غذایی حاوی کافئین خودداری نمایند.

پرسشنامه اطلاعات فردی و پزشکی و رضایتنامه، ترازوی دیجیتالی سکا با دقت ۰/۱ کیلوگرم برای اندازه‌گیری وزن بدن، دستگاه قدسنج برای اندازه‌گیری قد با دقت ۰/۰۱ سانتی‌متر، کالیبر مدل اسلیمگاید (ساخت آمریکا) و متر جهت اندازه‌گیری درصد چربی زیر پوستی، دستگاه کرنومتر جهت کنترل زمان فعالیت، زمان‌های خونگیری و استراحت، تردمیل^۱، دستگاه گاز آنالایزر^۲، بلت پولار جهت اندازه‌گیری ضربان قلب حین تمرین، سرنگ (۱۰ سی‌سی) و لوله آزمایش (۶ سی‌سی) حاوی EDTA^۳، دستگاه اندازه‌گیری فشار خون^۴، کیت‌های

1. Technogym
2. Metalyser 3B, Germany
3. K2E, BD Vacutainer, USA
4. OMRON, HEM-711AC

5. ELISA

6. Rate of Perceived Exertion

7. British Association of Sport and Exercise Sciences

لخته شدن کامل و تهیه سرم به مدت یک ساعت در دمای اتاق نگهداری شد. سپس برای جدا نمودن سرم، نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتیگراد و با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شدند. سرم جدا شده در دمای ۸۰- درجه سانتیگراد نگهداری شد تا بعداً میزان گلوکز، انسولین، کلسترول تام، HDL و LDL آنها اندازه‌گیری شود.

سطح گلوکز سرم با استفاده از روش رنگ‌سنجی آنزیمی (گلوکز اکسیداز، شرکت پارس آزمون، تهران، ایران) با ضریب تغییرات (CV) ۲/۵ اندازه‌گیری شد. سطح انسولین سرم با استفاده از روش الیزای ساندویچی (انسولین، مرکودیا، سوئد) با ضریب تغییرات ۳/۵ تعیین گردید. شاخص مقاومت انسولین (HOMA-IR) ۳ و شاخص HOMA-beta cell با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه گردید [۱۵].

$HOMA-IR = \frac{Glucose \times Insulin}{22.5}$	$HOMA-IR = \frac{Glucose \times Insulin}{405}$
$HOMA-\beta = \frac{20 \times Insulin}{Glucose - 3.5} \%$	$HOMA-\beta = \frac{360 \times Insulin}{Glucose - 63} \%$
Glucose in Molar Units mmol/L	Glucose in mass units mg/dL

برای محاسبه شاخص‌های گرایش مرکزی، پراکنندگی و رسم نمودار متغیرها از آمار توصیفی استفاده شد. جهت اطمینان از تجانس واریانس و همگن بودن گروه‌ها پیش از اجرای برنامه تمرینی از آزمون لون و برای اطمینان یافتن از نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو، برای پی بردن بر صحت فرضیه‌های تحقیق و تجزیه و تحلیل اطلاعات و بررسی معنی‌دار بودن تفاوت میانگین‌ها از آمار استنباطی تی همبسته و تی مستقل استفاده شد. تجزیه و تحلیل اطلاعات توسط نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ و ترسیم نمودارها توسط نرم افزار Excel انجام شد. همچنین ملاک تصمیم‌گیری برای پذیرفتن یا عدم پذیرفتن فرضیه‌ها در سطح ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

نتایج داده‌های وزن، شاخص توده بدن، درصد چربی، نسبت

وزن، توده بدنی، درصد چربی و تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی بود. برای اندازه‌گیری درصد چربی بدن از کالیبر چربی‌سنج و از روش برآورد سه نقطه‌ای جکسون-پولاک^۱ استفاده گردید.

در جلسه دوم پس از ۱۰ ساعت ناشتایی، اولین نمونه‌گیری خونی از شریان بازویی آزمودنی‌ها انجام پذیرفت. سپس در گروه تمرینی، شش هفته تمرین شامل سه جلسه در هفته بر روی تردمیل اجرا شد. برای محاسبه زمان هر وهله تمرین تناوبی برای هر شرکت‌کننده مسافت ۲۰۰ متر (بر حسب متر بر ثانیه) به دست آمده از آزمون VO₂max تقسیم شد. در ابتدای تمرینات هر جلسه شامل شش وهله بود و هر هفته این میزان بیشتر شد تا در انتهای تمرینات به ۱۱ وهله ختم شد.

پروتکل HIIT با یک گرم کردن ۱۰ تا ۱۵ دقیقه‌ای شامل کشش دینامیک و دویدن از آرام تا شدید آغاز شد. پس از گرم کردن شرکت‌کنندگان در هر جلسه شش وهله تمرینی همراه ۲ تا ۳ دقیقه استراحت (با نسبت استراحت به تمرین ۱:۲) انجام دادند، این دستور تمرینی به طور یکسان برای شرکت‌کنندگان ۹۰٪vVO₂max در حین تست VO₂max اعمال شد. در طول وهله‌های استراحت، شرکت‌کنندگان بر روی تردمیل می‌مانند و به آنها اجازه نوشیدن آب قبل از اتمام جلسه با یک سرد کردن ۱۰ دقیقه‌ای داده شد. برای حصول اطمینان از این‌که شرکت‌کنندگان آموزش لازم در رابطه با تمرین در شدت طراحی شده را دارند، آموزش‌های لازم توسط محقق داده شد. تعداد وهله‌های هر جلسه تمرینی هر دو هفته افزایش یافت و در نهایت با ۱۱ وهله تمرینی خاتمه یافت.

در جلسه سوم مراجعه به آزمایشگاه، ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی، مشابه جلسه دوم اندازه‌گیری‌های ترکیب بدن و نمونه‌گیری خونی انجام شد.

نمونه خونی قبل از تمرین و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی در حالت سکون و نشسته بر روی صندلی از ناحیه ساعد گرفته شد. نمونه‌ها در لوله‌های مخصوص ریخته شده و جهت

2. coefficient of variation

3. Homeostatic Model Assessment of insulin resistance

1. Jackson/Pollock 3 site

جدول ۲- نتایج آزمون تی مستقل جهت مقایسه تغییرات داده‌های دو گروه

مقدار	گروه کنترل		گروه تمرین HIIT		
	بعد	قبل	بعد	قبل	
انسولین (μU/ml)	۷/۱۲±۳/۸۳	۸/۸۵±۳/۱۵	۷/۷۶±۴/۰۴	۱۰/۶۷±۳/۵۱	
گلوکز (mg/dl)	۸۹/۱۹±۱۰/۶۵	۸۸/۷۷±۸/۸۸	۸۷/۴۴±۹/۳۸	۹۵/۶±۱۵/۳۷	
مقاومت به انسولین	۱/۵۷±۰/۸۸	۱/۴۹±۰/۶۷	۱/۷۳±۱/۰۹	۲/۵۳±۰/۹۵	
عملکرد سلول‌های بتا	۱۱۸/۷۱±۳۷/۶	۱۰۸/۳۱±۲۹/۹	۱۴۴/۰۴±۳۷/۸	۱۱۹/۷۰±۲۳/۵	
کلسترول تام (mg/dl)	۱۸۶/۲۵±۹/۶۷	۱۸۵/۵۳±۷/۷۶	۱۸۴/۴۴±۱۰/۳۳	۱۹۲/۶±۱۴/۳۷	
HDL (mg/dl)	۴۶/۳۹±۴/۳۴	۴۴/۵۹±۵/۳۳	۴۹/۸۰±۷/۶۹	۴۳/۷۲±۱/۶۹	
LDL (mg/dl)	۱۰۲/۱۲±۹/۱۷	۱۰۱/۷۴±۷/۸۷	۱۰۰/۲۱±۱۱/۵۶	۱۰۸/۶±۱۳/۲۴	
HDL/کلسترول	۴/۰۳±۰/۲۸	۴/۲۱±۰/۴۲	۳/۷۷±۰/۴۸	۴/۴۲±۰/۳۴	
LDL/HDL	۲/۲۱±۰/۱۹	۲/۲۹±۰/۲۱	۲/۰۴±۰/۲۵	۲/۴۹±۰/۲۵	
شاخص آتروژنیک	۰/۶۰±۰/۰۳	۰/۶۲±۰/۰۴	۰/۵۷±۰/۰۵	۰/۶۴±۰/۰۳	

جدول ۱- داده‌های ترکیب بدنی دو گروه، پیش از آزمون و پس از آزمون

	گروه کنترل		گروه تمرین HIIT	
	بعد	قبل	بعد	قبل
وزن (kg)	۸۲/۶±۱۱/۶۹	۸۱/۷±۹۴/۲۸	۷۷/۵±۵۵/۷۹	۸۲/۷±۶۹/۶۰
شاخص توده بدن (kg/m ²)	۲۸/۲±۵۵/۷۳	۲۸/۲±۴۸/۸۹	۲۶/۱±۳۴/۶۱	۲۸/۱±۴۰/۴۰
درصد چربی	۲۴/۳±۷۳/۸۰	۲۴/۴±۶۵/۰۱	۲۱/۲±۶۸/۲۴	۲۴/۱±۳۰/۹۴
WHR (نسبت)	۰/۹۱±۰/۱۱	۰/۹۱±۰/۰۹	۰/۸۹±۰/۰۸	۰/۹۳±۰/۰۷
حداکثر اکسیژن مصرفی (ml/kg/min)	۳۰/۳±۵/۱۷	۳۰/۲±۴/۹۶	۳۱/۲±۶۲/۷۴	۲۸/۲±۲۶/۲۰

دور کمر به باسن و نیز حداکثر اکسیژن مصرفی

آزمودنی‌های دو گروه، قبل و بعد از تمرینات در جدول ۱

گزارش شده است.

آنالیز آماری داده‌ها، تفاوت معنی‌داری را بین تغییرات سطوح استراحتی انسولین، گلوکز، مقاومت به انسولین و عملکرد سلول‌های بتا در دو گروه را در پاسخ به تمرین نشان داد که بیانگر تأثیر تمرین بر مقادیر استراحتی این فاکتورها است، اما برای فاکتورهای کلسترول تام، HDL، LDL و شاخص آتروژنیک تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۲).

بحث و نتیجه‌گیری

وقتی بحث مدیریت زمان و داشتن وقت کافی برای پرداختن به فعالیت‌های بدنی به میان می‌آید، از هر لحاظ در دنیای صنعتی صرف این همه وقت برای انجام فعالیت‌های سلامتی برای بسیاری از افراد، بخصوص افراد جوان و میانسال که در طی این دوران مشغله‌های زیادی دارند امکان‌پذیر نیست و همین امر باعث می‌شود این گروه سنی در آینده بیشتر در معرض خطر قرار گیرند [۱۶]. مهمترین نتیجه مطالعه حاضر این بود که شش هفته تمرین HIIT در مردان دارای اضافه وزن منجر به بهبود معنی‌دار مقاومت به انسولین، عملکرد سلول‌های بتا و کاهش وزن شد که این کاهش وزن عمدتاً به دلیل کاهش چربی بدن بوده است. هر چند که در برخی دیگر از شاخص‌های اندازه‌گیری شده مانند HDL و LDL، تغییر معنی‌داری در مقایسه بین دو گروه دیده نشد و هر دو آنها به ترتیب حدود ۴٪ افزایش و ۵٪ کاهش نشان دادند. در مطالعه مدسن و همکاران (۲۰۱۵) دیده شد که تمرینات HIIT می‌تواند منجر به بهبود کنترل گلیسمیک و عملکرد سلول‌های بتا در بیماران دیابتی شود و پس از ۱۲ هفته تمرین HIIT، هم

HOMA-IR و هم عملکرد سلول‌های بتا به طور معنی‌داری بهبود یافتند و این نشان‌دهنده اهمیت فواید سلامتی تمرینات HIIT در افراد دیابتی است [۱۷]. همچنین اسمیت-راین و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی دو نوع تمرین HIIT با دوره‌های تناوبی کوتاه و بلند نشان دادند که پس از سه هفته تمرین با دوچرخه هیچ گونه تغییری در وزن چربی یا درصد چربی بدنی در مقایسه با گروه کنترل مشاهده نگردید و حتی میزان افزایش VO₂max در گروه‌های تمرینی معنادار نبود، اما HOMA-IR در هر دو گروه تمرینی بهبود یافت [۱۸]. ورزش‌های تناوبی می‌توانند متابولیسم بدن را با افزایش اتکا بر فسفوریلاسیون هوازی در مدت زمانی به اندازه شش جلسه تمرینی تعدیل نمایند [۲۱-۱۹]. بیش تنظیمی بایوانرژتیک‌های اکسیداتیو و بنابراین ارتقاء اکسیداسیون چربی پس از تمرین ممکن است به صورت غیرمستقیم با اثر تجمع خود در طی زمان منجر به بهبود ترکیب بدنی شود [۲۲]. مطالعات پیشین در زمینه تأثیر تمرینات HIIT بر آمادگی هوازی و VO₂max نشان داده است که این نوع تمرینات منجر به بهبود قابل توجه این فاکتور می‌شود؛ در مطالعه فراتحلیل انجام شده توسط وستون و همکاران (۲۰۱۴) گزارش شده است که ۶ الی ۱۰٪ افزایش VO₂max در مردان غیرفعال پس از انواع تمرینات HIIT با مدت زمان‌های مختلف (۲ الی ۸ هفته) اتفاق می‌افتد [۱۲]. در مطالعه حاضر میزان افزایش VO₂max، ۱۱٪ بود که با توجه به داشتن اضافه وزن و غیر فعال بودن آزمودنی‌های تحقیق حاضر قابل توجه است و این نتایج همسو با تحقیقات قبلی نشان‌دهنده نقش مهم تمرینات HIIT در افزایش آمادگی

قلبی عروقی در مقایسه با سایر اشکال تمرینی با در نظر گرفتن کوتاه مدت بودن این نوع تمرینات است. سازوکارهای فیزیولوژیک مسئول در افزایش آمادگی هوازی شامل ارتقاء بایوژنز میتوکندری، مویرگ‌زایی و سازگاری عروق و همچنین تنظیم افزایشی فاکتورهایمانند گیرنده γ فعال‌کننده - مشتق‌کننده پروکسیزوم ($\text{PPAR}\gamma$) و فعال‌کننده همراه آن ($\text{PGC-1}\alpha$) است [۲۳]. تمرینات HIIT با ارتقاء فعال‌سازی $\text{PGC-1}\alpha$ اثرات مثبتی بر ظرفیت هوازی و مصرف گلوکز نشان داده است [۲۴]. بورگومستر و همکاران (۲۰۰۷) گزارش نمودند که میزان سنتز پروتئین GLUT4 عضلات اسکلتی که یکی از اصلی‌ترین انتقال‌دهنده‌های گلوکز است پس از تنها یک هفته تمرین HIIT حدود ۲۰٪ افزایش یافته و تا حدود شش هفته تمرین و نیز پس از شش هفته بی‌تمرینی به طور قابل توجهی بالا می‌ماند [۲۵]. به همین دلیل میزان افزایش GLUT4 در اثر تمرینات HIIT می‌تواند یکی از فاکتورهای مهم در افزایش مقاومت به انسولین و و نیز عملکرد سلول‌های بتا و حتی VO_2max باشد.

همراه با فواید مهم قلبی عروقی و تغییرات مثبت ترکیب بدنی پس از تمرینات HIIT، تغییرات قابل توجه و مثبتی در سطوح قند خون ناشتایی و حساسیت انسولین در افراد دارای اضافه وزن مشاهده شده است [۲۰، ۲۶]. در مطالعه حاضر نیز سطوح انسولین، مقاومت به انسولین و نیز عملکرد سلول‌های بتا در گروه تمرین پس از شش هفته تمرین HIIT بهبودی قابل توجهی نشان داد. در افراد دارای دیابت نوع دو، تمرینات کوتاه مدت HIIT نشان داده که موجب تغییرات مثبتی در کنترل گلوکز خون می‌شود که به احتمال زیاد به دلیل سیستم‌های انتقال گلوکز در عضلات اسکلتی است [۲۷]. بابریج و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی یک دوره تمرینی دو هفته‌ای HIIT در افراد جوان و سالم نشان دادند که سطوح استراحتی انسولین و گلوکز دچار تغییر معناداری نمی‌شوند اما میزان حساسیت انسولینی حدود ۲۳٪ بهبودی نشان داد [۲۸]. ریچارد و همکاران (۲۰۱۰) و کاسیدی و همکاران (۲۰۱۷) نیز

عنوان نمودند که حساسیت به انسولین در افراد بالغ غیرفعال پس از تمرینات تناوبی کوتاه‌مدت بهبود می‌یابد [۲۹، ۳۰]. جمعاً در بیشتر مطالعات گلوکز ناشتایی و حساسیت به انسولین پس از دوره تمرینی طولانی‌تر (بالای ۱۲ هفته) پاسخ‌های بیشتری نشان داده‌اند [۳۱]. در مطالعه حاضر نیز هرچند که سطوح انسولین و شاخص HOMA-IR بهبودی معنی‌داری پس از تمرینات نشان دادند، اما سطح گلوکز خون علی‌رغم کاهش قابل توجه ۸/۵ درصدی در مقایسه با گروه کنترل، میزان کاهش در سطح معنی‌داری نبود ($p=0/051$). احتمالاً دلیل عدم تغییر معنی‌دار در سطوح ناشتایی قند خون، کم بودن دوره تمرینی شش هفته‌ای است چرا که برخی مطالعات گزارش نموده‌اند که حداقل دوره تمرینی هشت هفته‌ای برای بهبودی در سطوح گلوکز خون لازم است. تمرینات HIIT حداقل دو سودمندی دارد، اولاً برخلاف پیاده‌روی یا تمرینات هوازی با شدت متوسط شامل درگیرسازی حجم بیشتر عضلات بوده و ثانیاً با روند به شدت بالای تجزیه و نوسازی گلیکوژن همراه است. ترکیب این دو عامل بدین معناست که در مقایسه با تمرینات هوازی با شدت متوسط، تارهای عضلانی بیشتری برای بازسازی منابع کربوهیدراتی خود مورد استفاده قرار خواهند گرفت. انقباض عضلانی تحت شرایط استرس متابولیکی (مانند آنچه تحت شرایط HIIT صورت می‌گیرد) منجر به تجزیه سریع گلیکوژن شده و این به طور حتم اتصال بسیاری از پروتئین‌های همراه با گلیکوژن را دستخوش تغییر خواهد نمود [۲۴، ۳۲]. بنابراین انتظار می‌رود بازسازی ذخایر گلیکوژنی بدن، ساختارهای شاخه‌ای مولکول‌ها را تغییر دهد، که این موضوع ممکن است در تنظیم حساسیت انسولینی عضلات اسکلتی پس از تمرینات HIIT مؤثر باشد [۳۳]. در حال حاضر هم انقباضات عضلانی در شدت بالا تنها راهکار امکان‌پذیر برای بازسازی کل مخزن گلیکوژنی عضله در انسان است [۳۴].

بر اساس نتایج تحقیق حاضر از لحاظ آماری تغییر معنی‌داری در نیم‌رخ لیپیدی (کلسترول، شاخص آتروژنیک، HDL و LDL) رخ نداد، این امر با مطالعات نیبو و همکاران و

پایه در دامنه طبیعی بوده است و برای تغییر آن تعداد جلسات تمرینی بیشتر و یا دوره تمرینی طولانی تری لازم است. نتایج در کل نشان داد که تمرینات HIIT موجب کاهش معنی دار مقاومت به انسولین، HOMA-beta cell و نیز برخی شاخص های ترکیب بدنی و بهبود آمادگی هوازی افراد می شوند. در کل هرچند که تمرینات HIIT در مدت زمان کوتاهی انجام می شود اما اثرهای مفید و مشابه تمرینات هوازی و سایر اشکال تمرینی دارند که نیازمند صرف زمان بیشتری هستند. از این رو می توان گفت که این نوع تمرینات در افراد دارای اضافه وزن راهکار مفیدی برای بهبود حساسیت به انسولین و همچنین کاهش خطر بیماری های مرتبط با نیمرخ لیپیدی، گلوکز، انسولین و درصد چربی بالا است. به همین دلیل پیشنهاد می شود افراد دارای اضافه وزن و حتی افراد سالم از این نوع تمرینات HIIT برای بهره مندی از فواید آن استفاده نمایند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از آزمودنی های تحقیق که به صورت داوطلبانه شرکت کردند و کلیه عزیزانی که در انجام این تحقیق همکاری صمیمانه داشته اند، تشکر و قدردانی می شود.

ویت و همکاران [۳۵، ۳۶] همراستا و با مطالعات موسا و همکاران و تسکوراس و همکاران [۳۷، ۳۸] همراستا نیست. بعضی از محققان گزارش کرده اند که HDL و LDL به سختی تحت تأثیر تمرین به تنهایی قرار می گیرند و برای کسب نتایج بهتر باید رژیم غذایی را دست کاری و با کاهش وزن ناشی از ورزش و رژیم غذایی همراه باشد. شاید یکی از دلایل عدم تغییر معنی دار در این مطالعه عدم کنترل و دست کاری برنامه غذایی آزمودنی ها باشد. همچنین مدت زمان دوره تمرینی (شش هفته) می تواند در عدم تغییر معنی دار در نیمرخ لیپیدی مؤثر باشد، در همین راستا گزارش شده است که احتمالاً حداقل هشت هفته (بیشتر منابع ۱۲ هفته ذکر کرده اند) تمرین برای کاهش معنی دار در نیمرخ لیپیدی لازم است. در این تحقیق مقدار p برای کلسترول (۰/۰۵۸)، برای شاخص آتروژنیک (۰/۰۶۵) و برای LDL (۰/۰۶۲) است، با توجه به مقدار سطح معنی داری احتمالاً اگر مدت دوره تمرینی یک یا دو هفته بیشتر بود، شاهد بهبود معنی داری در سطح این فاکتورها می شدیم. سطح اولیه این فاکتورها هم می تواند تأثیرگذار باشد، در محدود مطالعاتی که با دوره تمرینی کمتر از ۱۲ هفته، کاهش معنی دار گزارش کرده اند، آزمودنی های آنها از گروه های خاص با مقدار پایه خارج از دامنه طبیعی بوده است اما در این تحقیق مقدار

References

1. Wood D, De Backer G, Faergeman O, Graham I, Mancia G, Pyörälä K. Prevention of coronary heart disease in clinical practice: recommendations of the Second Joint Task Force of European and other Societies on Coronary Prevention. *Atherosclerosis*. 1998; 140(2):199-270.
2. Grundy SM, Cleeman JI, Merz CNB, Brewer HB, Clark LT, Hunninghake DB, et al. Implications of recent clinical trials for the national cholesterol education program adult treatment panel III guidelines. *Circulation*. 2004; 110(2):227-239.
3. Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults. Executive Summary of the third report of The National Cholesterol Education Program (NCEP) expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults (adult treatment panel III). *The journal of the American medical association*. 2001; 285(19):2486-2497.
4. Durstine JL, Grandjean PW, Davis PG, Ferguson MA, Alderson NL, DuBose KD. Blood lipid and lipoprotein adaptations to exercise: a quantitative analysis. *Sports medicine*. 2001; 31(15):1033-1062.

5. Kuhle CL, Steffen MW, Anderson PJ, Murad MH. Effect of exercise on anthropometric measures and serum lipids in older individuals: a systematic review and meta-analysis. *BMJ open*. 2014; 4(6):e005283.
6. Tambalis K, Panagiotakos DB, Kavouras SA, Sidossis LS. Responses of blood lipids to aerobic, resistance, and combined aerobic with resistance exercise training: a systematic review of current evidence. *Angiology*. 2009; 60(5):614-632.
7. Kodama S, Tanaka S, Saito K, Shu M, Sone Y, Onitake F, et al. Effect of aerobic exercise training on serum levels of high-density lipoprotein cholesterol: a meta-analysis. *Archives of internal medicine*. 2007; 167(10):999-1008.
8. Paoli A, Pacelli QF, Moro T, Marcolin G, Neri M, Battaglia G, et al. Effects of high-intensity circuit training, low-intensity circuit training and endurance training on blood pressure and lipoproteins in middle-aged overweight men. *Lipids in health and disease*. 2013; 12(1):131.
9. Granata C, Oliveira RSF, Little JP, Renner K, Bishop DJ. Training intensity modulates changes in PGC-1 α and p53 protein content and mitochondrial respiration, but not markers of mitochondrial content in human skeletal muscle. *FASEB journal*. 2016; 30(2):959-970.
10. Perry CG, Heigenhauser GJF, Bonen A, Spriet LL. High-intensity aerobic interval training increases fat and carbohydrate metabolic capacities in human skeletal muscle. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*. 2008; 33(6):1112-1123.
11. Ghorbani S, Alizadeh R, Moradi L. The effect of high intensity interval training along with consumption of caraway seeds (*Carum carvi* L.) on liver enzymes, lipid profile, and blood glucose in obese and overweight women. *Ebnesina*. 2017; 19(2):12-20. [Persian]
12. Weston KS, Wisløff U, Coombes JS. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*. 2014; 48(16):1227-1234.
13. Siufjahromi M, Ebrahim K, Babaebeigi MA, Nikbakht N. Effect of 24 sessions of high intensity interval training on serum levels of B-type Natriuretic Peptide (BNP) in patients with heart failure. *Ebnesina*. 2017; 19(3):50-55. [Persian]
14. Achten J, Gleeson M, Jeukendrup AE. Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation. *Medicine and science in sports and exercise*. 2002; 34(1):92-97.
15. Matthews DR, Hosker JP, Rudenski AS, Naylor BA, Treacher DF, Turner RC. Homeostasis model assessment: insulin resistance and beta-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia*. 1985; 28(7):412-419.
16. Alizadeh R, Tahmasebi W, Rezaei Nejad R, Salehpour M, Sheikhi S. The effect of acute circuit resistance exercise on plasma concentration of Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF) in young men. *Ebnesina*. 2018; 19(4):30-37. [Persian]
17. Madsen SM, Thorup AC, Overgaard K, Jeppesen PB. High intensity interval training improves glycaemic control and pancreatic β cell function of type 2 diabetes patients. *Plos one*. 2015; 10(8):1-24.
18. Smith-Ryan AE, Melvin MN, Wingfield HL. High-intensity interval training: modulating interval duration in overweight/obese men. *The physician and sportsmedicine*. 2015; 43(2):107-113.
19. Villelaibeitia-Jaureguizar K, Vicente-Campos D, Senen AB, Jiménez VH, Garrido-Lestache MEB, Chicharro JL. Effects of high-intensity interval versus continuous exercise training on post-exercise heart rate recovery in coronary heart-disease patients. *International journal of cardiology*. 2017; 244:17-23.
20. Blue MNM, Smith-Ryan AE, Trexler ET, Hirsch KR. The effects of high intensity interval training on muscle size and quality in overweight and obese adults. *Journal of science and medicine in sport*. 2018; 21(2):207-212.
21. Astorino TA, Heath B, Bandong J, Ordille GM, Contreras R, Montell M, et al. Effect of periodized high intensity interval training (HIIT) on body composition and attitudes towards hunger in active men and women. *The journal of sports medicine and physical fitness*. 2017.
22. Pinto N, Salassi JW, Donlin A, Schroeder J, Rozenek R. Effects of a 6-week upper extremity low-volume, high intensity interval training on oxygen uptake, peak power output and total exercise time. *Journal of strength and conditioning research*. 2017.
23. Aguiar PF, Magalhães SM, Fonseca IAT, da Costa Santos VB, Matos MA de, Peixoto MFD, et al. Post-exercise cold water immersion does not alter high intensity interval training-induced exercise performance and Hsp72 responses, but enhances mitochondrial markers. *Cell stress and chaperones*. 2016; 21(5):793-804.
24. de Araujo GG, Papoti M, dos Reis IGM, Mello MAR de, Gobatto CA. Short and long term effects of high-intensity interval training on hormones, metabolites, antioxidant system, glycogen concentration, and aerobic performance adaptations in rats. *Frontiers in physiology*. 2016; 7:1-10.
25. Burgomaster KA, Cermak NM, Phillips SM, Benton CR, Bonen A, Gibala MJ. Divergent response of metabolite transport proteins in human skeletal muscle after sprint interval training and detraining. *American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology*. 2007; 292(5):R1970-R1976.
26. Schubert MM, Clarke HE, Seay RF, Spain KK. Impact of 4 weeks of interval training on resting metabolic rate, fitness, and health-related outcomes. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*. 2017; 42(10):1073-1081.
27. Francois ME, Little JP. The impact of acute high-intensity interval exercise on biomarkers of cardiovascular health in type 2 diabetes. *European journal of applied physiology*. 2017; 117(8):1607-1616.
28. Babraj JA, Vollaard NBJ, Keast C, Guppy FM, Cottrell G, Timmons JA. Extremely short duration high intensity interval training substantially improves insulin action in young healthy males. *BMC endocrine disorders*. 2009; 9:1-8.

29. Richards JC, Johnson TK, Kuzma JN, Lonac MC, Schweder MM, Voyles WF, et al. Short-term sprint interval training increases insulin sensitivity in healthy adults but does not affect the thermogenic response to beta-adrenergic stimulation. *The journal of physiology*. 2010; 588(Pt 15):2961-2972.
30. Cassidy S, Thoma C, Houghton D, Trenell MI. High-intensity interval training: a review of its impact on glucose control and cardiometabolic health. *Diabetologia*. 2017; 60(1):7-23.
31. Aguilera Egufá R, Vergara Miranda C, Quezada Donoso R, Sepúlveda Silva M, Coccio N, Cortés P, et al. High-intensity interval exercise therapy to reduce cardiovascular risk factors in people with the metabolic syndrome; systematic review with meta-analysis. *Nutricion hospitalaria*. 2015; 32(6):2460-2471.
32. Zinner C, Morales-Alamo D, Ørtenblad N, Larsen FJ, Schiffer TA, Willis SJ, et al. The physiological mechanisms of performance enhancement with sprint interval training differ between the upper and lower extremities in humans. *Frontiers in physiology*. 2016; 7:1-18.
33. Connolly LJ, Nordsborg NB, Nyberg M, Weihe P, Krstrup P, Mohr M. Low-volume high-intensity swim training is superior to high-volume low-intensity training in relation to insulin sensitivity and glucose control in inactive middle-aged women. *European journal of applied physiology*. 2016; 116(10):1889-1897.
34. Yeo WK, McGee SL, Carey AL, Paton CD, Garnham AP, Hargreaves M, et al. Acute signalling responses to intense endurance training commenced with low or normal muscle glycogen. *Experimental physiology*. 2010; 95(2):351-358.
35. Nybo L, Sundstrup E, Jakobsen MD, Mohr M, Hornstrup T, Simonsen L, et al. High-intensity training versus traditional exercise interventions for promoting health. *Medicine & science in sports & exercise*. 2010; 42(10):1951-1958.
36. Whyte LJ, Gill JM, Cathcart AJ. Effect of 2 weeks of sprint interval training on health-related outcomes in sedentary overweight/obese men. *Metabolism*. 2010; 59(10):1421-1428.
37. Musa DI, Adeniran SA, Dikko AU, Sayers SP. The effect of a high-intensity interval training program on high-density lipoprotein cholesterol in young men. *The journal of strength & conditioning research*. 2009; 23(2):587-592.
38. Tsekouras YE, Magkos F, Kellas Y, Basioukas KN, Kavouras SA, Sidossis LS. High-intensity interval aerobic training reduces hepatic very low-density lipoprotein-triglyceride secretion rate in men. *American journal of physiology-endocrinology and metabolism*. 2008; 295(4):E851-E858

The effect of 6 weeks interval training with 90% vVO₂max on atherogenic index, insulin resistance and beta-cell function in overweight men

Mohammadi M¹, *Alizadeh R², Moradi L³

Abstract

Background: High-intensity interval training (HIIT), compared with continuous training, can result in relatively more improvement in max exercise capacity, mitochondrial enzymes, and other cellular factors involved in energy metabolism. So the present study was aimed to examine the effect of six weeks of HIIT on the insulin resistance index, HOMA-beta cell, and atherogenic index among overweight men.

Materials and methods: The participants included 24 overweight men that classified into interval training and control groups. The participants became familiar with the laboratory environment in several sessions, and blood sampling along with the measurement of height, weight, body composition, and maximal oxygen consumption was performed. Fasting blood samples were collected from the participants' brachial artery in order to measure their glucose, insulin, total cholesterol, HDL, and LDL before HIIT and 48 hours after training.

Results: The results indicated significant changes in insulin, insulin resistance, and beta cell function index, however, glucose, lipid profile, and atherogenic index did not show any significant changes.

Conclusion: Although the HIIT exercises are performed during a short period of time, they feature the same beneficial effects as those of aerobic exercises and other forms of training that take relatively longer time. It could, therefore, be said that such exercises could help inactive and overweight people to improve their insulin sensitivity and reduce the risk of diseases related to lipid profile, glucose, insulin, and high fat percentage. Therefore, it is suggested that overweight people, and even healthy people, benefit from this type of training.

Keywords: Interval Exercises, Insulin, Lipid Metabolism, Weight Loss

1. MSc, Islamic Azad University, north Tehran branch, Tehran, Iran

2. Assistant professor, Ilam University, Ilam, Iran
(*Corresponding Author)
r.alizadeh@ilam.ac.ir

3. Assistant professor, Islamic Azad University, north Tehran branch, Tehran, Iran