



مجله علوم حرکتی و رفتاری



Original Research

Effect of High Intensity Interval Training on the Level of Insulin, Glucose and Insulin Resistance in Overweight Middle-aged Men

Ali Reza Ghadamkhairi¹, Maryam Abbasi², Mohammad Reza Yousofi^{2*}

1. MSc of Physiology, Department of Sports Sciences, Ilam Branch, Islamic Azad University, Ilam, Iran

2. Assistant Professor, Department of Sports Sciences, Ilam Branch, Islamic Azad University, Ilam, Iran

ARTICLE INFO

Received: 2020/04/06

Revised: 2020/05/04

Accepted: 2020/05/09

Keyword:

High Intensity Interval Training
Insulin
Insulin Resistance
Glucose
Overweight

ABSTRACT

Introduction & Purpose: The benefits of high-intensity interval training (HIIT) on glycemic index in overweight and obese people are less well defined. The aim of this study was to investigate the effect of high-intensity interval training on insulin, glucose and insulin resistance levels in overweight middle-aged men.

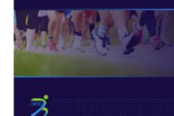
Methodology: Twenty overweight middle-aged men were randomly divided into control and exercise groups. The exercise group performed high-intensity interval training (90-80% of maximum heart rate) for 6 weeks. After blood sampling, the concentration of glucose was measured by enzymatic staining with glucose oxidase technology, serum insulin by ELISA and insulin resistance.

Results: The results showed that the HIIT training had a significant effect on insulin ($P= 0.001$) and plasma glucose ($P= 0.001$) and insulin resistance ($P= 0.001$) in Overweight middle-aged men.

Conclusion: According to the research results, HIIT improved glycemic index in overweight middle-aged men and decreased insulin resistance.

* **Corresponding Author:** Mohammad Reza Yousofi, Department of Sports Sciences, Ilam Branch, Islamic Azad University, Ilam, Iran

Email: m_r_yousefi2000@yahoo.com



تأثیر تمرینات اینتروال با شدت بالا بر سطوح انسولین، گلوکز و مقاومت به انسولین در مردان میانسال دارای اضافه وزن

علیرضا قدمخیری¹، مریم عباسی²، محمدرضا یوسفی^{2*}

1. کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، واحد ایلام، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلام، ایران

2. استادیار فیزیولوژی ورزشی، واحد ایلام، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلام، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
دریافت مقاله: 99/01/18	مقدمه و هدف: مزایای اثرات تمرینات اینتروال با شدت بالا بر شاخص‌های گلیسمی در افراد دارای اضافه وزن و چاق کمتر مورد توجه قرار گرفته است. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر تمرینات اینتروال با شدت بالا بر سطوح انسولین، گلوکز و مقاومت به انسولین در مردان میانسال دارای اضافه وزن بود.
بازنگری مقاله: 99/02/15	روش شناسی: تعداد 20 نفر مرد میانسال غیر فعال دارای اضافه وزن به صورت تصادفی در دو گروه کنترل و تمرین تقسیم شدند. گروه تمرین، تمرینات اینتروال با شدت بالا (90-80% ضربان قلب بیشینه) را برای 6 هفته انجام دادند. بعد از نمونه‌گیری خون، غلظت گلوکز به روش آنزیمی رنگ‌سنجی با فناوری گلوکز اکسیداز، انسولین سرم به روش الایزا و مقاومت به انسولین اندازه‌گیری شد.
پذیرش مقاله: 99/02/20	نتایج: نتایج نشان داد که تمرینات اینتروال با شدت بالا تأثیر معنی‌داری بر کاهش سطوح انسولین ($P=0/001$) و گلوکز پلاسمایی ($P=0/001$) و مقاومت به انسولین ($P=0/001$) در مردان میانسال دارای اضافه وزن داشته است.
کلید واژگان	نتیجه‌گیری: با توجه به یافته‌های به دست آمده، می‌توان گفت که تمرینات اینتروال با شدت بالا، شاخص‌های گلیسمی را در مردان میانسال دارای اضافه وزن بهبود می‌دهد و مقاومت به انسولین را در آنها کاهش می‌دهد.
تمرین اینتروال با شدت بالا انسولین مقاومت به انسولین گلوکز اضافه وزن	

مقدمه

چاقی و اضافه وزن به عنوان تجمع غیر طبیعی یا بیش از حد چربی در بدن تعریف می‌شود که می‌تواند سلامت فرد را به خطر اندازد (الولو و همکاران، 2014). شیوع اضافه وزن و چاقی در سراسر جهان از سال 1980 تا کنون به دو برابر افزایش یافته است به طوری که در حال حاضر تقریباً یک سوم از جمعیت جهان به عنوان افراد دارای اضافه وزن یا چاق طبقه‌بندی شده‌اند (چوی و همکاران، 2019). چاقی همچنین به عنوان یکی از پنج دلیل اصلی مرگ و میر در جهان شناخته می‌شود و اغلب با بیماری‌هایی از قبیل دیابت، قلبی-عروقی، سندرم متابولیک و استئوآرتریت همراه و در ارتباط است (الولو و همکاران، 2014). در این بین دیابت نوع 2 یکی از مواردی است که ارتباط تنگاتنگی با چاقی و اضافه وزن دارد به گونه‌ای که بیش از 80% از مبتلایان به دیابت نوع 2 بر اساس شاخص توده بدنی¹ (BMI) در دو گروه افراد دارای اضافه وزن یا چاق طبقه‌بندی می‌شوند. در سال 2017، تخمین زده شد که 425 میلیون نفر (سن 20-79 سال) در سراسر جهان از بیماری دیابت رنج می‌برند و پیش‌بینی می‌شود این تعداد تا سال 2045 به 629 میلیون نفر برسد (آینالم و همکاران، 2018).

انجام فعالیت بدنی و کنترل رژیم غذایی مداخلات اصلی برای مدیریت چاقی و دیابت محسوب می‌شوند (جلیمن و همکاران، 2015). در حالی که اثر ورزش بر دیابت نوع 2 و حساسیت به انسولین به خوبی ثابت شده است (امپایر و همکاران، 2011)، اما اثرات آن بر تنظیم وزن بحث برانگیز است. سازمان بهداشت جهانی حداقل 150 دقیقه فعالیت بدنی با شدت متوسط یا حداقل 75 دقیقه فعالیت بدنی با شدت زیاد در هفته را برای بزرگسالان سالم توصیه می‌کند (تورک و همکاران، 2017). با این حال، اکثر افراد بزرگسالی که با چاقی مواجه هستند، به دلیل موانع مختلف مانند کمبود انگیزه، کمبود وقت و محدودیت‌های بدنی قادر به دستیابی به این هدف نیستند (لیدگارد و همکاران، 2016). علاوه بر این، عوامل روانی مانند افسردگی، اضطراب و نارضایتی از ظاهر بدن در افراد چاق از جمله محدودیت‌های مهمی برای عدم انجام فعالیت بدنی و ورزش در مکان‌های عمومی است (ساوور و همکاران، 2016).

در حال حاضر برنامه‌های کاهش وزن بسیاری وجود دارد. تحقیقات نشان می‌دهد که برای کاهش وزن به پروتکل‌های تمرینی طولانی مدت 200-300 دقیقه در هفته مورد نیاز است. به طور سنتی برای کاهش وزن، تمرین با شدت متوسط و با حجم بالا توصیه می‌شود تا اکسیداسیون چربی را افزایش دهد (پوتچر، 2011). اما نظرسنجی‌ها نشان می‌دهد با توجه به تغییرات سبک زندگی "کمبود وقت" یکی از موانع عدم شرکت

افراد در این گونه فعالیت‌های بدنی می‌باشد (کانمن و همکاران، 2011). تمرین اینتروال با شدت بالا² (HIIT) به عنوان یک مداخله تمرینی با زمان کارآمد می‌باشد که می‌تواند مزایایی مشابه با تمرینات هوازی با شدت متوسط را به همراه آورد (جیبیلا و همکاران، 2012). بر اساس دستورالعمل‌های کالج پزشکی ورزشی آمریکا هر شکلی از تمرینات اینتروال که تمرینات با شدت بالا را در محدوده بین 64 تا 90 حداکثر اکسیژن مصرفی (VO2max) یا 77 تا 95 درصد ضربان قلب بیشینه (HRmax) باشد، جزو تمرینات HIIT محسوب می‌شود (گاربر و همکاران، 2011). در حالی که مطالعات نشان داده‌اند که تمرینات HIIT اثرات مهمی بر بهبود آمادگی قلبی عروقی در جمعیت‌های مختلف دارد (وستون و همکاران، 2013)؛ الیوت و همکاران، 2015)، مزایای این تمرینات بر نشانگرهای سلامت متابولیک مانند تنظیم گلوکز و حساسیت به انسولین در افراد دارای اضافه وزن و چاق کمتر مورد توجه قرار گرفته است (جلیمن و همکاران، 2015). بنابراین هدف از مطالعه حاضر، تعیین تأثیر تمرینات HIIT بر سطوح انسولین، گلوکز و مقاومت به انسولین در مردان میانسال دارای اضافه وزن بود.

روش شناسی

طرح تحقیق

طرح تحقیق حاضر از نوع کارآزمایی بالینی تصادفی‌سازی شده³ است.

نمونه آماری

تعداد 20 نفر مرد غیر فعال دارای اضافه وزن به صورت هدفمند انتخاب و به صورت تصادفی به دو گروه کنترل (10 نفر) و تمرین (10 نفر) تقسیم شدند. معیارهای ورود شامل داشتن BMI در محدوده 25 تا 30، دامنه سنی 35 تا 45 سال، عدم انجام ورزش منظم برای حداقل 2 تا 3 جلسه در هفته، عدم ابتلا به بیماری زمینه‌ای مغایر با شرکت در برنامه‌های ورزشی و تکمیل فرم رضایت نامه آگاهانه جهت شرکت در مطالعه بود.

پروتکل تمرین

برنامه تمرینی (جدول 1) مورد استفاده در این پژوهش تمرینات اینتروال با شدت بالا بود. این تمرینات شامل 8 نوبت دویدن در یک مسیر 150 متری با 90-80% ضربان قلب بیشینه و 60 ثانیه استراحت فعال (پیاده روی) بین نوبت‌ها بود. شدت فعالیت در این برنامه‌ها با استفاده از ساعت ضربان سنچ پلار کنترل شد. همچنین برای رعایت اصل اضافه بار، 1 تکرار در هر هفته به تکرارهای هفته قبل اضافه شد. به این ترتیب در هفته پایانی، برنامه به 13 تکرار در هر جلسه رسید. پیش از اجرای پروتکل اصلی 10 دقیقه گرم کردن

3. Randomized Clinical Trial

1. Body Mass Index

2. High Intensity Interval Training

10 سی سی خون وریدی از سیاهرگ بازویی در حالت نشسته گرفته شد. سپس نمونه‌های خونی سانتریفیوژ (با سرعت 3000 دور در دقیقه به مدت 10 دقیقه) شدند. سرم جدا شده تا زمان اندازه‌گیری در فریزر در دمای 80- درجه نگهداری شد. غلظت گلوکز به روش آنزیمی رنگ سنجی با فناوری گلوکز اکسیداز و با استفاده از کیت گلوکز شرکت پارس آزمون-تهران اندازه‌گیری شد. ضریب تغییرات درون آزمون و برون آزمون گلوکز به ترتیب 1/74 و 1/19 درصد و حساسیت اندازه‌گیری 5 میلی-گرم بر دسی لیتر بود. انسولین سرم به روش الیزا و مطابق با استانداردهای کیت تجاری (Demeditec Diagnostic insulin ELISA) ساخت کشور آلمان اندازه‌گیری شد. ضریب تغییرات درون آزمون و برون آزمون انسولین به ترتیب 2/6 و 2/88 درصد و حساسیت اندازه‌گیری $1/76 \mu\text{U/mL}$ بود. محاسبه‌ی مقاومت به انسولین در این تحقیق با استفاده از فرمول HOMA-IR انجام شد (لی و همکاران 2006).

2-3 دقیقه راه رفتن سریع، 5 دقیقه اجرای حرکات کششی و 3-2 دقیقه دوییدن آرام) و در پایان فعالیت مشابهی جهت سرد کردن در نظر گرفته شد. گروه تجربی این برنامه برای مدت 6 هفته و هر هفته 3 جلسه دریافت کردند (جیبلا و همکاران، 2012؛ بوتچر، 2011). در حالی که گروه کنترل برنامه‌های روزمره و فعالیت‌های معمول خود را دریافت کردند.

متغیرها و آزمون‌های اندازه‌گیری

سطوح انسولین، گلوکز و مقاومت به انسولین به عنوان متغیرهای تحقیق مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. برای اندازه‌گیری این متغیرها در پیش آزمون و پس آزمون از آزمودنی‌ها خواسته شد که شب قبل از انجام آزمایش وعده غذایی شام را قبل از ساعت 9 میل نمایند و بعد از آن غذایی مصرف نکنند. بنابراین نمونه‌گیری خون در وضعیت ناشتا و به این صورت انجام شد که یک روز قبل از شروع تمرینات HIIT و دو روز بعد از پایان تمرین HIIT از هر دو گروه کنترل و تمرین مقدار

جدول 1. پروتکل تمرین

هفته‌های تمرین	حجم	استراحت فعال
هفته اول	شدت: 80-90% ضربان قلب بیشینه مسافت طی شده: 150 متر تعداد ست: 1 تعداد تکرارها: 8	شدت: 30-35% ضربان قلب بیشینه زمان استراحت: 60 ثانیه
هفته دوم	شدت: 80-90% ضربان قلب بیشینه مسافت طی شده: 150 متر تعداد ست: 1 تعداد تکرارها: 9	شدت: 30-35% ضربان قلب بیشینه زمان استراحت: 60 ثانیه
هفته سوم	شدت: 80-90% ضربان قلب بیشینه مسافت طی شده: 150 متر تعداد ست: 1 تعداد تکرارها: 10	شدت: 30-35% ضربان قلب بیشینه زمان استراحت: 60 ثانیه
هفته چهارم	شدت: 80-90% ضربان قلب بیشینه مسافت طی شده: 150 متر تعداد ست: 1 تعداد تکرارها: 11	شدت: 30-35% ضربان قلب بیشینه زمان استراحت: 60 ثانیه
هفته پنجم	شدت: 80-90% ضربان قلب بیشینه مسافت طی شده: 150 متر تعداد ست: 1 تعداد تکرارها: 12	شدت: 30-35% ضربان قلب بیشینه زمان استراحت: 60 ثانیه
هفته ششم	شدت: 80-90% ضربان قلب بیشینه مسافت طی شده: 150 متر تعداد ست: 1 تعداد تکرارها: 13	شدت: 30-35% ضربان قلب بیشینه زمان استراحت: 60 ثانیه

تی مستقل و برای مقایسه سطوح متغیرها در دو گروه از آزمون تحلیل کوواریانس (ANCOVA) استفاده شد. لازم به ذکر است که پیش از انجام آزمون تحلیل کوواریانس، همگنی

روش آماری

برای تجزیه تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. برای مقایسه خصوصیات دموگرافیک آزمودنی‌ها دو گروه از آزمون

نتایج

شیب‌های رگرسیون ($P > 0/05$) و خطی بودن نمودار پراکندگی در رابطه با هر متغیر، مورد بررسی و تأیید قرار گرفت. سطح معنی‌داری در سطح اطمینان 95% پذیرفته شد. ($P < 0/05$)

در رابطه با مشخصات توصیفی آزمودنی‌ها نتایج آزمون تی دو گروه مستقل نشان داد که بین دو گروه در رابطه با سن، قد، وزن و BMI تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($P > 0/05$) (جدول 2).

جدول 2. مشخصات توصیفی آزمودنی‌ها (میانگین و انحراف معیار)

p	t	تجربی	کنترل	
0/133	1/55	40/3±54/60	39/2±78/72	سن (سال)
0/421	0/81	175/6±14/52	181/8±28/94	قد (سانتی‌متر)
0/494	0/69	79/5±14/14	87/6±71/64	وزن (کیلوگرم)
0/420	0/81	25/0±84/74	26/0±69/47	BMI (m ² /kg)

نتایج آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد که بهبود معناداری در سطوح گلوکز و انسولین و حساسیت به انسولین در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل در پس آزمون ایجاد شده است (جدول 3).

جدول 3. میانگین و انحراف معیار سطوح گلوکز انسولین و مقاومت به انسولین گروه‌ها در پیش آزمون و پس آزمون

اندازه‌گیری‌ها	پیش آزمون	پس آزمون	مقدار F _{1,17}	مقدار P	ضریب η ²
انسولین پلاسما (μU/mL)					
کنترل	10/0±21/39	10/0±18/38	123/92	0/001	0/87
تجربی	10/0±38/35	9/0±08/48			
گلوکز پلاسما (mg/dl)					
کنترل	90/5±1/83	90/5±2/32	28/37	0/001	0/62
تجربی	94/5±2/55	83/4±6/47			
مقاومت به انسولین					
کنترل	2/0±26/21	2/0±27/21	141/31	0/001	0/89
تجربی	2/0±41/18	1/0±87/14			

بحث

همکاران، (2015). همچنین در مطالعه‌ی دیگر تغییرات در ترکیب بدن به دنبال انجام HIIT را علت کمتر از 25% بهبود در حساسیت به انسولین در بیماران مبتلا به دیابت نوع 2 ذکر شد (کارستوف و همکاران، 2014). همچنین مشخص شده است، کاهش در چربی شکم و نه کاهش وزن کلی که اغلب با تمرینات ورزشی بدست می‌آید، احتمالاً باعث افزایش حساسیت به انسولین کبدی شود و در نهایت منجر به بهبود در نمره HOMA-IR شود (ویسرز و همکاران، 2013).

مطالعات همچنین نشان داده‌اند که HIIT در مقایسه با تمرینات ورزشی تداومی منجر به کاهش بیشتری در مقاومت به انسولین می‌شود. مشخص شده است، ماهیت اینتروال بودن و شدت بالاتر تمرینات HIIT در مقایسه با تمرینات ورزشی تداومی علت این تغییرات می‌باشد (جلیمن و همکاران، 2015). یک سری مسیرهای متابولیکی که احتمالاً توسط HIIT تقویت می‌شوند؛ شامل جذب گلوکز توسط عضله، محتوای GLUT-4 (هود و همکاران، 2011) و حساسیت به انسولین ناشی از تخلیه گلیکوژن عضلانی (متکالف و همکاران، 2012) می‌باشد. علاوه بر این، در اثر تمرین ورزشی در ساختار و بیوشیمی عضلات و در

یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که شش هفته تمرین HIIT سطوح انسولین پلاسمایی و مقاومت به انسولین مردان میانسال دارای اضافه وزن را به طور معناداری کاهش داده است. یافته‌های تحقیق حاضر با نتایج آلوراز و همکاران (آلوراز و همکاران، 2017)، مارکویس گراول و همکاران (مارکویس گراول و همکاران، 2015) همخوانی دارد و با نتایج تحقیق بابراج و همکاران (بابراج و همکاران، 2009) همخوانی ندارد. افزایش سطوح انسولین در نتیجه افزایش مقاومت به انسولین می‌باشد. مقاومت به انسولین یک عامل پیش‌بین شناخته شده برای دیابت نوع 2 است و همچنین یک عامل خطرزا مستقل برای بیماری‌های قلبی عروقی می‌باشد (کیم و همکاران، 2013). نشان داده شده است که تحت شرایط کنترل شده آزمایشگاهی، تمرین HIIT در بهبود حساسیت به انسولین مؤثر است و در نتیجه به طور بالقوه منجر به بهبود کنترل قند خون و دیابت می‌شود (امپایر و همکاران، 2011). بهبود حساسیت به انسولین اغلب با کاهش وزن بدن همراه بوده است. نتایج یک مقاله مروری نشان داد که HIIT مقاومت به انسولین و وزن بدن را کاهش می‌دهد (جلیمن و

یا کاهش مقدار و یا میزان دسترسی پروتئین GLUT4 می‌تواند منجر به کاهش برداشت گلوکز و متعاقباً افزایش قند خون شود. به طور گسترده پذیرفته شده است که GLUT4 نقش کلیدی در حساسیت انسولینی کل بدن و تحمل گلوکز ایفا می‌کند (هو و همکاران، 2003).

در حالت استراحت و بعد از مصرف غذا، جذب گلوکز وابسته به انسولین است و هدف اصلی آن جبران دوباره ذخائر گلیکوژن ماهیچه‌ای است. انتقال GLUT4 تحریک شده با انسولین به طور کلی در دیابت نوع 2 مختل می‌شود. در ورزش شدید (80% VO₂max)، گلوکز سوخت انحصاری عضلات است. سطح کاتاکولامین‌ها به طور قابل توجهی بالا می‌رود، باعث می‌شود تولید گلوکز هفت تا هشت برابر شود در حالی که استفاده گلوکز فقط سه تا چهار برابر افزایش می‌یابد. در افراد فاقد دیابت افزایش قند خون در حین ورزش شدید وجود دارد که بلافاصله در زمان خستگی بیشتر می‌شود و تا یک ساعت ادامه می‌یابد. سطح انسولین پلاسما افزایش می‌یابد، سطح گلوکز را تعدیل می‌کند و گلیکوژن عضله را بازیابی می‌کند. این پاسخ فیزیولوژیکی در بیماران دیابتی نوع 1 وجود ندارد (آدامز، 2013). تمرین‌های ورزشی سبب توانمند شدن عضلات اسکلتی در برداشت گلوکز بدون نیاز به انسولین نیز می‌شوند. افزایش برداشت گلوکز در عضلات وابسته به تغییرات عملکردی در سیگنال‌های انسولینی و مرتبط با افزایش محتویات پروتئین GLUT4 می‌باشد (اگرامان و همکاران، 2006). افزایش GLUT4 به دنبال فعالیت ورزشی در انسان تحت تاثیر مهار گیرنده‌های آدرنژیک نیست، به نظر می‌رسد فعالیت ورزشی با شدت بالا نسبت به فعالیت با شدت پایین از طریق فعال کردن دو مسیر پیام‌دهی وابسته به کلسیم و مسیر پروتئین کیناز فعال شده با AMP (AMPK) موجب افزایش بیشتری در بیان پروتئین GLUT4 عضله اسکلتی می‌شود. با این وجود، احتمال دیگر این است که افزایش این پروتئین بیش از اینکه وابسته به شدت فعالیت باشد، به میزان انرژی مصرفی ناشی از فعالیت وابسته است (جنسن و همکاران، 2014) در اثر مهاجرت پروتئین‌های GLUT4 به غشای سلول‌های عضلانی برداشت گلوکز نیز افزایش می‌یابد. افزایش محتوای این پروتئین در عضلات اسکلتی پس از تمرینات تناوبی با شدت بالا حدود 2 برابر بیشتر از تمرینات تداومی و طولانی مدت است (جیبالا و همکاران، 2012). نتایج تحقیقات اخیر بیانگر این حقیقت است که تمرینات تناوبی شدید بهتر از تمرینات تداومی به افزایش محتوای پروتئین GLUT4 و به دنبال آن کاهش قند خون کمک می‌کند (جیبالا و همکاران، 2012؛ جلیمن و همکاران، 2015).

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج تحقیق حاضر بیانگر آن بود که انجام تمرینات HIIT سطوح گلوکز، سطح انسولین و مقاومت به انسولین را در

نتیجه در حداکثر اکسیژن مصرفی تغییرات مطلوبی ایجاد می‌گردد (مانند افزایش آنزیم‌های اکسیداتیو و افزایش دانسیته مویرگی) و بنابراین باعث بهبود فرایند حمل گلوکز شده و از میزان مقاومت به انسولین سلول‌ها کاسته می‌شود. در حقیقت سازگاری ایجاد شده بر اثر تمرین این است که اولاً در پاسخ به تمرین افزایش دانسیته عروق عضلانی و همچنین بهبود در حداکثر اکسیژن مصرفی و فعالیت آنزیم‌های اکسیداتیو در عضلات اسکلتی دیده می‌شود (مکلین و همکاران، 2017)، ثانیاً تمرین حساسیت فرد را نسبت به انسولین افزایش می‌دهد، در نتیجه انسولین کمتری جهت تنظیم گلوکز خون پس از تمرین نسبت به قبل از آن مورد نیاز است. این بهبود حساسیت به انسولین احتمالاً با ظرفیت اتصال انسولین به محل گیرنده‌های هر یک از سلول‌های عضلانی مرتبط است (آلوراز و همکاران، 2017). همچنین یک افزایش در حساسیت انسولین کبدی نیز وجود دارد. بنابراین به انسولین کمتری برای جذب گلوکز اضافی از گردش خون نیاز است. در اصل ورزشی که به وجود آمده در اثر تمرین چنین ایجاب می‌کند که فرد در هر مرحله‌ای از استراحت گرفته تا شدت‌های مختلف تمرینی سبک تا سنگین به انسولین کمتری نیاز داشته باشد. در این صورت اغلب سطوح انسولین پلاسما در حالت استراحت کاهش می‌یابد و تولید انسولین را هنگام آزمایش تحمل گلوکز پایین آورد که هر دو، دال بر بهبود حساسیت به انسولین و کاهش نیاز به انسولین در افراد می‌باشد. همچنین نقش فعالیت ورزشی در افزایش عملکرد انسولین از طریق کاهش تجمع TG درون سلولی، افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب و بیوزنز میتوکندریایی مشخص شده است (مکلین و همکاران، 2017؛ ویسرز و همکاران، 2013).

یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که شش هفته تمرین HIIT سطوح گلوکز پلاسمایی مردان میانسال دارای اضافه وزن را به طور معناداری کاهش داده است. یافته‌های تحقیق حاضر با نتایج جلیمن و همکاران (2015)، کانگ و همکاران (2016)، مارکوئیس گراول و همکاران (2015)، مادسن و همکاران (2015)، همخوانی دارد و با نتایج تحقیق بابراج و همکاران (2009) همخوانی ندارد. ناقلین گلوکز نقش اساسی در برداشت گلوکز به درون سلول‌ها دارند. پروتئین‌های حامل گلوکز (GLUTs) یکی از انتقال‌دهنده‌های گلوکز هستند و تاکنون 5 ایزوفرم از آنان شناسایی شده است. GLUT4 یک ناقل وابسته به انسولین است که به طور عمده در عضلات اسکلتی و بافت چربی بیان می‌شود. انسولین و فعالیت ورزشی باعث تحریک و جابجایی ایزوفرم GLUT4 از یک محفظه داخل سلولی به غشای پلاسمایی و لوله‌های عرضی می‌شوند و منجر به برداشت گلوکز به درون سلول‌های عضلانی می‌شوند (کالبرگ و همکاران، 2010). سطح GLUT4 تعیین‌کننده مهمی از حساسیت به انسولین است. از آنجایی که عضله مکان اصلی مصرف گلوکز به دنبال تحریک به واسطه انسولین است، بنابراین اختلال در حساسیت انسولین کل بدن و

- growth hormone administration on glucose tolerance and muscle GLUT4 protein expression in rats. *J Biomed Sci*; 10(6 Pt 2):689-96.
- Jelleyman C, Yates T, O'Donovan G, Gray LJ, King JA, Khunti K, Davies MJ. (2015). The effects of high-intensity interval training on glucose regulation and insulin resistance: a meta-analysis. *Obes Rev*; 16(11):942-61. doi:10.1111/obr.12317.
- Jelleyman C, Yates T, O'Donovan G, Gray LJ, King JA, Khunti K, Davies MJ. (2015). The effects of high-intensity interval training on glucose regulation and insulin resistance: a meta-analysis. *Obes Rev*; 16(11):942-61. doi: 10.1111/obr.12317.
- Jensen TE, Sylow L, Rose AJ, Madsen AB, Angin Y, Maarbjerg SJ, Richter EA. (2014). Contraction-stimulated glucose transport in muscle is controlled by AMPK and mechanical stress but not sarcoplasmic reticulum Ca(2+) release. *Mol Metab*; 28;3(7):742-53. doi: 10.1016/j.molmet.2014.07.005.
- Karstoft K, Winding K, Knudsen SH, James NG, Scheel MM, Olesen J, Holst JJ, Pedersen BK, Solomon TP. (2014). Mechanisms behind the superior effects of interval vs continuous training on glycaemic control in individuals with type 2 diabetes: a randomised controlled trial. *Diabetologia*; 57(10):2081-93. doi:10.1007/s00125-014-3334-5.
- Kim J, Chae YK, Chernoff A. (2013). The risk for coronary heart disease according to insulin resistance with and without type 2 diabetes. *Endocr Res*; 38(4):195-205. doi: 10.3109/07435800.
- Koeneman MA, Verheijden MW, Chinapaw MJ, Hopman-Rock M. (2011). Determinants of physical activity and exercise in healthy older adults: a systematic review. *Int J Behav Nutr Phys Act*; 28;8:142. doi:10.1186/1479-5868-8-142.
- Kong Z, Sun S, Liu M, Shi Q. (2016). Short-Term High-Intensity Interval Training on Body Composition and Blood Glucose in Overweight and Obese Young Women. *J Diabetes Res*; 2016:4073618. Epub Sep 28.
- Lee JM, Okumura MJ, Davis MM, Herman WH, Gurney JG. (2006). Prevalence and determinants of insulin resistance among U.S. adolescents: a population-based study. *Diabetes Care*; 29(11): 2427-32.
- Lidegaard LP, Schwennesen N, Willaing I, Faerch K. (2016). Barriers to and motivators for physical activity among people with Type 2 diabetes: patients' perspectives. *Diabet Med*; 33(12): 1677-1685. doi:10.1111/dme.13167.
- MacInnis MJ and Gibala MJ. (2017). Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *J Physiol*; 595:9: 2915-2930
- Madsen SM, Thorup AC, Overgaard K, Jeppesen PB. (2015). High Intensity Interval Training Improves Glycaemic Control and Pancreatic β Cell Function of Type 2 Diabetes Patients. *PLoS One*. doi:10.1371/journal.pone.0133286.
- Marquis-Gravel G, Hayami D, Juneau M, Nigam A, Guilbeault V, Latour É, Gayda M. (2015). Intensive lifestyle intervention including high-intensity interval training program improves insulin resistance and fasting plasma glucose in obese patients. *Prev Med Rep*; 28(2):314-8. doi: 10.1016/j.pmedr.
- Metcalfe RS, Babraj JA, Fawcner SG, Vollaard NB. (2012). Towards the minimal amount of exercise for improving metabolic health: beneficial effects of reduced-exertion high-intensity interval training. *Eur J Appl Physiol*; 112(7):2767-75. doi: 10.1007/s00421-011-2254-z.
- مردان دارای اضافه وزن به طور معناداری کاهش می دهد. بنابراین با توجه نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر و با توجه به ویژگی های تمرینات HIIT که مورد بحث قرار گرفت انجام این تمرینات را به افراد دارای اضافه وزن و چاق پیشنهاد می کنیم.

منابع

- Adams, O.P. (2013). The impact of brief high-intensity exercise on blood glucose levels. *Diabetes Metab Syndr Obes*; 6:113-22. doi: 10.2147/DMSO.S29222.
- Álvarez, C., Ramírez-Campillo, R., Ramírez-Vélez, R., Izquierdo, M. (2017). Effects and prevalence of nonresponders after 12 weeks of high-intensity interval or resistance training in women with insulin resistance: a randomized trial. *J Appl Physiol*; 122(4): 985-996. doi: 10.1152/jappphysiol.
- Aynalem, S. B., & Zeleke, A. J. (2018). Prevalence of diabetes mellitus and its risk factors among individuals aged 15 years and above in Mizan-Aman town, Southwest Ethiopia, 2016: a cross sectional study. *International journal of endocrinology*, 2018. doi.org/10.1155/2018/9317987
- Babraj, J.A., Vollaard, N.B., Keast, C., Guppy, F.M., Cottrell, G., Timmons, J.A. (2009). Extremely short duration high intensity interval training substantially improves insulin action in young healthy males. *BMC Endocr Disord*. 28;9:3. doi: 10.1186/1472-6823-9-3.
- Boutcher, S.H. (2011). High-intensity intermittent exercise and fat loss. *Journal of Obesity*; 2011: 868305. doi:10.1155/2011/868305.
- Chooi, Y.C., Ding, C., Magkos, F. (2019). The epidemiology of obesity. *Metabolism*; 92:6-10. doi: 10.1016/j.metabol.2018.09.005.
- Colberg, S.R., Sigal, R.J., Fernhall, B., Regensteiner, J.G., Blissmer, B.J., Rubin, R.R., and et al. (2010). American College of Sports Medicine; American Diabetes Association. Exercise and type 2 diabetes: the American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. *Diabetes Care*; 33(12):e147-67. doi: 10.2337/dc10-9990.
- Elliott, A.D., Rajopadhyaya, K., Bentley, D.J., Beltrame, J.F., Aromataris, E.C. (2015). Interval training versus continuous exercise in patients with coronary artery disease: a meta-analysis. *Heart Lung Circ*; 24: 149-157.
- Ellulu, M., Abed, Y., Rahmat, A., Ranneh, Y., and Ali, F. (2014). Epidemiology of obesity in developing countries: challenges and prevention. *Glob Epidemi Obes*; 2:2.
- Garber, C.E., Blissmer, B., Deschenes, M.R., et al. (2011). Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*; 43: 1334-1359.
- Gibala, M.J., Little, J.P., Macdonald, M.J., Hawley, J.A. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol*; 590 (5): 1077-1084.
- Hood, MS, Little JP, Tarnopolsky MA, Myslik F, Gibala MJ. (2011). Low-volume interval training improves muscle oxidative capacity in sedentary adults. *Med Sci Sports Exerc*; 43(10): 1849-56. doi:10.1249/MSS.
- Hou CW, Chou SW, Ho HY, Lee WC, Lin CH, Kuo CH. (2003). Interactive effect of exercise training and

- diabetes: a systematic review and metaanalysis. *JAMA*; 305: 1790-1799.
- Umpierre D, Ribeiro PA, Kramer CK, Leitão CB, Zucatti AT, Azevedo MJ, Gross JL, Ribeiro JP, Schaan BD. (2011). Physical activity advice only or structured exercise training and association with HbA1c levels in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *JAMA*; 305(17):1790-9. doi:10.1001/jama.
- Vissers D, Hens W, Taeymans J, Baeyens JP, Poortmans J, Van Gaal L. (2013). The effect of exercise on visceral adipose tissue in overweight adults: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*; 8(2):e56415. doi: 10.1371/journal.
- Weston KS, Wisloff U, Coombes JS. (2013). High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardio metabolic disease: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*; 48:1227-1234.
- O'Gorman DJ, Karlsson HK, McQuaid S, Yousif O, Rahman Y, Gasparro D, Glund S, Chibalin AV, Zierath JR, Nolan JJ. (2006). Exercise training increases insulin-stimulated glucose disposal and GLUT4 (SLC2A4) protein content in patients with type 2 diabetes. *Diabetologia*; 49(12):2983-92. Epub 2006 Sep 26.
- Sarwer DB, Polonsky HM. (2016). The Psychosocial Burden of Obesity. *Endocrinol Metab Clin North Am*. 2016;45(3):677-88. doi: 10.1016/j.ecl.
- Türk Y, Theel W, Kasteleyn MJ, Franssen FME, Hiemstra PS, Rudolphus A, Taube C, Braunstahl GJ. (2017). High intensity training in obesity: a Meta-analysis. *Obes Sci Pract*; 3(3):258-271. doi: 10.1002/osp4.109.
- Umpierre D, Ribeiro PA, Kramer CK et al. (2011). Physical activity advice only or structured exercise training and association with HbA1c levels in type 2

ارجاع: قدمخیری علیرضا، عباسی مریم، یوسفی محمدرضا، تأثیر تمرینات اینتروال با شدت بالا بر سطوح انسولین، گلوکز و مقاومت به انسولین در مردان میانسال دارای اضافه وزن، مجله علوم حرکتی و رفتاری، دوره 3، شماره 2، تابستان 1399، صفحات 129-136.