مطالعات کاربردی
علوم زیستی در ورزش

# تاثیر تمرینات عملکردی با شدت بالا بر سطوح گرملین-۱ و مقاومت به انسولین در زنان دارای اضافه وزن و چاق

**جواد نخزری خداخیر [۱*]، مهدی زارعی [۲]، حمیدرضا زلفی [۳]، امیر شکیب [۴]**

۱- استادیار، گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
۲- استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه نیشابور، نیشابور، ایران
۳- استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه فنی و حرفه ای، تهران، ایران
۴- دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، ایران

* نویسنده مسئول: جواد نخزری خداخیر، گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
تلفن: ۳۱۲۳۲۰۸۶-۰۵۴ E-mail: javadnakhzari@uoz.ac.ir

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

## چکیده

**زمینه و هدف:** مطالعات نشان داده است که گرملین-۱ در اختلال عملکرد بافت چربی در چاقی، دیابت نوع دو و اختلالات متابولیکی نقش دارد. هدف از مطالعه حاضر بررسی تاثیر تمرینات عملکردی با شدت بالا بر سطوح گرملین-۱ و مقاومت به انسولین در زنان دارای اضافه وزن و چاق بود. **روش تحقیق**: در این مطالعه نیمه‌تجربی، ۲۰ زن دارای اضافه وزن و چاق به صورت تصادفی در دو گروه تمرین عملکردی با شدت بالا (۱۰ نفر) و کنترل (۱۰ نفر) تقسیم شدند. آزمودنی‌های گروه تمرینی سه جلسه در هفته به مدت هشت هفته به اجرای تمرینات عملکردی با شدت بالا پرداختند. به منظور اندازه‌گیری گلوکز ناشتا، مقاومت به انسولین و گرملین-۱ قبل و پس از مداخله، از آزمودنی‌ها نمونه‌های خونی به عمل آمد. برای تحلیل داده‌ها در نرم افزار SPSS نسخه ۱۶، از آزمون‌های تحلیل کواریانس و تی زوجی در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد. **یافته ها**: بعد از هشت هفته تمرینات عملکردی با شدت بالا، وزن بدن (p=۰/۰۰۰۱)، شاخص توده بدنی(p=۰/۰۰۰۱)، درصد چربی (p=۰/۰۰۰۱) و گلوکز ناشتا (p=۰/۰۰۰۱) در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل به طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین، شاخص مقاومت به انسولین (p=۰/۰۰۰۱) و غلظت گرملین-۱ (p=۰/۰۳) در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل به طور معنی‌داری کاهش یافت. **نتیجه گیری**: نتایج مطالعه حاضر نشان داد تمرینات عملکردی با شدت بالا در زنان دارای اضافه وزن و چاق منجر به کاهش سطوح گرملین-۱ و مقاومت به انسولین می‌گردد. بنابراین، از این نوع تمرینات می‌توان به عنوان مداخلات تمرینی کمکی در کنترل و کاهش عوارض مرتبط با اضافه وزن و چاقی استفاده کرد.

**واژه‌های کلیدی**: تمرینات عملکردی، گرملین-۱، مقاومت به انسولین، اضافه وزن و چاقی، زنان

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport

# The effect of high-intensity functional training on gremlin-1 levels and insulin resistance in overweight and obese women

**Javad Nakhzari Khodakheir[1*], Mehdi Zarei[2], Hamid Reza Zolfi[3], Amir Shakib[4]**

1- Assistant professor, Department of physical education and Sport Sciences, school of Human Sciences, University of Zabol, Zabol, Iran

2- Assistant professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Literature and Humanities, University of Neyshabur, Neyshabur, Iran

3- Assistant professor, Department of Physical Education and Sport Science, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran

4- PhD Student in Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran

***Corresponding author**: Department of physical education and Sport Sciences, school of Human Sciences, University of Zabol, Zabol, Iran. **Telephone**: 054- 31232086. E-mail: javadnakhzari@uoz.ac.ir

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

**Abstract**

**Background and Aim**: Studies have shown that gremlin-1 is involved in adipose tissue dysfunction in obesity, type 2 diabetes and metabolic disorders. The aim of this study was to investigate the effect of high-intensity functional training on gremlin-1 levels and insulin resistance in overweight and obese women .**Materials and Methods:** In this semi-experimental study, 20 overweight and obese women were randomly divided into two groups of high-intensity functional training (n=10) and control (n=10). The subjects of the training group performed high-intensity functional exercises three times a week for eight weeks. In order to measure fasting glucose, insulin resistance and gremlin 1 before and after the intervention, blood samples were taken from the subjects. To analyze the data in SPSS software version 16, analysis of covariance and paired t tests were used at a significance level of 0.05 .**Results**: After eight weeks of high-intensity functional training, body weight (p=0.001), body mass index (p=0.001), fat percentage (p=0.001) and fasting glucose (p=0.001) was significantly reduced in the experimental group compared to the control group. Also, insulin resistance index (p=0.001) and gremlin 1 concentration (p=0.03) decreased significantly in the experimental group compared to the control group .**Conclusion**: The results of the present study showed that high-intensity functional training in overweight and obese women leads to a decrease in gremlin-1 levels and insulin resistance. Therefore, these types of exercises can be used as exercise interventions in controlling and reducing complications related to overweight and obesity.

**Keywords**: Functional exercise training, Gremlin-1, Insulin resistance, Obesity and overweight, Women

**مقدمه**

امروزه چاقی یکی از بزرگترین معضلات بهداشت جهانی است و شیوع آن در حال افزایش است. چاقی به عنوان تجمع بیش از حد بافت چربی در بدن و به دلیل عدم تعادل طولانی مدت بین کالری دریافتی و انرژی مصرفی (بالاتر بودن کالری دریافتی) تعریف می‌شود (آرچر و لاویه[1] ۲۰۲۲؛ خلفی[2] و دیگران ۲۰۲۳)، که عوامل مختلفی از جمله عوامل ژنتیکی، غدد درون ریز، متابولیکی، رفتاری، روانی و اجتماعی - فرهنگی در آن نقش دارند. چاقی عامل اصلی افزایش شیوع مقاومت به انسولین، دیابت نوع دو و عوارض مرتبط با آن، از جمله بیماری قلبی عروقی و بیماری کبد چرب غیر الکلی است (مارسلین[3] و دیگران، ۲۰۲۲).

مطالعات نشان داده‌اند که بافت چربی نه تنها می‌تواند چربی را ذخیره کند، بلکه یک اندام غدد درون‌ریز نیز می‌باشد که انواع فاکتورهای فعال زیستی را ترشح می‌کند که در مجموع به عنوان آدیپوکین شناخته می‌شوند (چنگ و یو[4] ۲۰۲۲). گرملین[5] یکی از آدیپوکاین‌هایی است که ارتباط آن با چاقی و اضافه وزن و بیماری‌های متابولیک اخیرا توجه بسیاری از محققین را به خود جلب کرده است (حجازی فر[6] و دیگران، ۲۰۲۰؛ گریلو[7] و دیگران، ۲۰۲۲). گرملین-۱ یک آنتاگونیست درون زای ترشح شده اصلی است که اثر پروتئین مورفوژنتیک استخوان چهار (BMP-4[8]) را مهار کرده و منجر به توقف تمایز سلول‌های پیش ساز و اختلال در تبدیل چربی سفید به چربی قهوه ای می‌گردد (حجازی فر و دیگران، ۲۰۲۰؛ گریلو و دیگران، ۲۰۲۲). مطالعات نشان داده‌اند که گرملین-۱ در اختلال عملکرد انسولین و گسترش مقاومت به انسولین نقش دارد (کرمی و دیگران، ۱۴۰۱). مطالعات اخیر نشان داده است که گرملین-۱ سیگنال‌دهی و عملکرد انسولین را در بافت چربی، ماهیچه‌ها و سلول‌های کبد مختل می‌کند و سطوح بالای سرمی آن در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو مشاهده شده است (حجازی فر و دیگران، ۲۰۲۰؛ الرجایی[9] و دیگران، ۲۰۲۰). شواهد رو به رشد نقش

[1]. Archer and Lavie
[2]. Khalafi
[3]. Marcelin
[4]. Cheng and Yu
[5]. Gremlin
[6]. Hedjazifar
[7]. Grillo
[8]. Bone morphogenetic protein-4
[9]. Al-Regaiey

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

محوری گرملین-۱ را در هموستاز بافت چربی برجسته کرده است و از نقش گرملین-۱ در اختلال عملکرد بافت چربی در دیابت نوع دو، چاقی و اختلالات متابولیکی کبد چرب غیر الکلی حمایت می‌کند (گریلو و دیگران، ۲۰۲۲).

براساس اطلاعات محققین، داده‌های بالینی کمی در مورد نقش گرملین=۱ در ایجاد چربی و سندرم‌های مقاومت به انسولین وجود دارد. الرجایی و دیگران (۲۰۲۲) گزارش کردند که توده چربی و شاخص گلایسمی با سطوح گرملین-۱ هم در افراد مبتلا به دیابت نوع دو و هم در افراد سالم ارتباط مثبت دارد. در مطالعه الرجایی و دیگران (۲۰۲۲) بیماران دیابتی با کنترل گلایسمی ضعیف، سطوح پلاسمایی گرملین-۱ بالاتری را نسبت به بیماران با کنترل گلایسمی خوب نشان دادند و گرملین-۱ با توده چربی و پارامترهای گلایسمی همبستگی مثبت داشت. مطالعات نشان داده است که سطوح گرملین-۱ با چاقی افزایش می‌یابد (گوستافسون[1] و دیگران، ۲۰۱۵) و با ایجاد اختلال در سیگنال دهی انسولین منجر به مقاومت به انسولین می‌شود (حجازی فر و دیگران، ۲۰۲۰).

با وجود پیشرفت‌های علمی، توسعه پروتکل‌های پیشگیری و مدیریت مؤثر چاقی کمتر موفق بوده است. مداخلات سبک زندگی که برای ترویج کاهش وزن طراحی شده‌اند شامل تمرینات ورزشی، مداخله غذایی یا ترکیبی از هر دو می‌باشد (خلفی و دیگران،۲۰۲۳). ورزش منظم دارای مزایای سلامتی مثبت بسیاری مانند افزایش مصرف انرژی و کاهش شاخص‌های التهابی است که به مدیریت عوارض چاقی کمک می‌کند (یو[2] و دیگران، ۲۰۱۳؛ چن[3] و دیگران، ۲۰۱۸). علیرغم اینکه تحقیقات زیادی در رابطه با اثرات روش‌های تمرینات سنتی در افراد چاق و دارای اضافه وزن انجام گرفته است، یکی از انواع روشهای تمرینی که به تازگی موردتوجه پژوهشگران قرار گرفته است، تمرینات عملکردی با شدت بالا[4](HIFT) است. تمرینات عملکردی شامل تمرینات مقاومتی است که از حمایت توده بدن فرد یا وسایلی که حمل آنها آسان است، استفاده می‌کند و شامل تمرینات متنوعی است که می‌توان در مکان‌های مختلف آموزش و انجام داد (نوری و دیگران، ۱۴۰۱). این ویژگی ها به دلیل حرکات چند مفصلی و چند جهته، به فعالیت‌های روزمره، شغلی و تفریحی افراد نزدیکتر است و جایگزین مناسبی برای تمرینات بدنی برای افراد چاق شناخته می‌شود (وستفال[5] و دیگران، ۲۰۲۰). این نوع تمرینات که بر بهبود عملکرد در فعالیت‌های روزانه زندگی تأکید دارند با تنظیم حجم کار در سریعترین زمان ممکن انجام می‌شوند و توانایی‌های فرد را در یک دوره زمانی محدود یا با تعداد محدود تکرار اجزای مختلف آمادگی جسمانی از جمله استقامت

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

[1]. Gustafson
[2].You
[3].Chen
[4]. High intensity functional training
[5]. Westphal

قلبی تنفسی، قدرت عضلانی، سرعت، هماهنگی، توان بی‌هوازی، چابکی و انعطاف پذیری هدف قرار می‌دهند (موراوسکا[1] و دیگران، ۲۰۲۱). در طول دوره کاهش وزن، تمرینات عملکردی مقاومتی می‌تواند بافت بدون چربی را حفظ و یا افزایش دهد و عملکرد بدنی را بهبود بخشد (لاسکالا[2] و دیگران، ۲۰۲۰؛ کرنتی[3] و دیگران، ۲۰۲۰). به تازگی گزارش شده است که تمرینات عملکردی در کاهش درصد چربی افراد چاق موثر بوده و از آن می‌توان به عنوان یک استراتژی بالقوه مفید برای مبارزه با چاقی و التهاب استفاده کرد (پسناکیدیس[4] و دیگران، ۲۰۲۲). به طور مثال، سعیدی و دیگران (۲۰۲۳) تاثیر ۱۲ هفته تمرینات عملکردی را بر برخی آدیپوکاین ها و عوامل خطر قلبی عروقی در مردان چاق را بررسی کردند و کاهش معناداری در وزن، شاخص توده بدنی[5](BMI)، درصد چربی بدن، گلوکز ناشتا و مقاومت به انسولین آزمودنی ها گزارش کردند. با این حال، فیتو[6] و دیگران (۲۰۱۹) پس از هشت هفته تمرینات عملکردی با شدت بالا هیچ تغییر معناداری در وزن، ترکیب بدن و گلوکز ناشتا در بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق گزارش نکردند. این مطالعات پیشنهاد کردند که مطالعات بیشتری باید انجام شود تا اثرات این نوع تمرینات بر ترکیب بدن، کنترل گلوکز و تعدیل آدیپوکاین‌ها در بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق اثبات گردد (فیتو و دیگران، ۲۰۱۹؛ سعیدی و دیگران، ۲۰۲۳).

در زمینه تأثیر تمرینات عملکردی با شدت بالا بر سطوح گرملین-۱ اطلاعات بسیار کمی در دسترس است. مطالعات بسیار کمی تاثیر تمرینات ورزشی بر آدیپوکاین‌های التهابی از جمله گرملین-۱ و مقاومت به انسولین را به ویژه در آزمودنی‌های چاق بررسی کرده‌اند. اکثر مطالعات انجام شده در این زمینه، اثر تمرینات دیگری غیر از تمرینات عملکردی با شدت بالا را بر سطوح گرملین-۱ بررسی کرده‌اند و یافته ها نیز تا حدی متفاوت می‌باشد (سعیدی و دیگران، ۲۰۲۳؛ فابر[7] و دیگران، ۲۰۲۰؛ کرمی و دیگران ۱۴۰۱). سعیدی و دیگران (۲۰۲۳) تاثیر انواع مختلف تمرین مقاومتی بر سطوح گرملین-۱ در مردان چاق را مورد بررسی قرار دادند و کاهش معنادار سطوح گرملین-۱ را در پس از تمرین مقاومتی گزارش کردند. با این حال، فابر و دیگران (۲۰۲۰) تاثیر ۸ هفته تمرین استقامتی بر بیان ژن گرملین-۱ سلول‌های عضلانی در مردان سالم را بررسی کردند و افزایش بیان آن را گزارش کردند. این شواهد نشان می‌دهد که یافته ها تا حدی متفاوت می‌باشد، با این حال، پیشنهاد می‌شود که فعالیت بدنی ممکن است اثرات مفید خود را در مدیریت و کنترل چاقی از طریق تعدیل این شاخص ها از جمله گرملین-۱ اعمال کند. این مطالعات ممکن است بینش جدیدی را در مطالعات

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

[1]. Murawska
[2]. La Scala
[3]. Caranti
[4]. Posnakidis
[5]. Body index mass
[6]. Feito
[7]. Faber

آینده در مورد مکانیسم‌های تعدیل مسیرهای پایین دستی برای درمان چاقی توسط تمرینات ورزشی ارائه دهد. با توجه به اهمیت و جایگاه تمرینات عملکردی که منطبق بر الگوهای حرکتی و فعالیت‌های حرکتی روزمره زندگی است (موراوسکا و دیگران، ۲۰۲۱) و همچنین، نقش گرملین-۱ در مدیریت چاقی و اضافه وزن، نیاز به مطالعات بیشتری در این حوزه ضروری به نظر می‌رسد. از این رو هدف از مطالعه حاضر تاثیر تمرینات عملکردی با شدت بالا بر سطوح گرملین-۱ و مقاومت به انسولین در زنان دارای اضافه وزن و چاق بود.

## روش تحقیق

تحقیق حاضر از نوع تحقیقات نیمه تجربی با طرح پیش آزمون- پس آزمون با دو گروه تجربی و کنترل بود. جامعه آماری مطالعه حاضر شامل زنان سالم و غیرفعال دارای اضافه وزن و چاق با BMI بین ۲۵ تا ۳۵ کیلوگرم بر متر مربع با دامنه سنی ۳۵ تا ۴۰ سال بود. معیارهای ورود به تحقیق شامل: عدم ابتلا به بیماری‌های سوخت‌وسازی و قلبی عروقی، نداشتن ناهنجاری‌های عضلانی اسکلتی و هر گونه سابقه بیماری و عمل جراحی که نتایج تحقیق حاضر را دستخوش تغییر قرار دهد، عدم مصرف هر گونه مکمل و عدم مصرف منظم داروهای حاوی کافئین به‌مدت شش هفته قبل از شروع و حین اجرای پروتکل تحقیق، نداشتن سابقه شرکت منظم در تمرینات ورزشی در شش ماه گذشته و غیرسیگاری و غیرالکلی بودن بود. معیارهای خروج از مطالعه شامل عدم شرکت منظم در تمرینات، ابتلا بیماری‌های محدودکننده فعالیت و عدم تمایل به ادامه شرکت در تحقیق بود.

آزمودنی‌های تحقیق حاضر، پس از اطلاع رسانی و فراخوان در سطح شهر تبریز از بین داوطلبان شرکت در پژوهش و بررسی شرایط افرادی که معیارهای ورود به تحقیق را داشتند، انتخاب شدند. در یک جلسه هماهنگی، کلیه اهداف و روش‌های اندازه‌گیری تحقیق برای آزمودنی ها تشریح شد و رضایت نامه آگاهانه از آزمودنی ها اخذ گردید. BMI آزمودنی ها اندازه‌گیری شد و معاینات پزشکی لازم انجام شد. با توجه به معیارهای ورود به طرح و از بین افراد داوطلب شرکت در پژوهش ۲۴ نفر به عنوان آزمودنی انتخاب شدند. حجم نمونه با استفاده از نرم افزار G Power و با کمک اندازه اثر متغیرهای مطالعات پیشین، سطح آلفای ۰/۰۵ و توان ۰/۸ برای هر گروه ۱۲ نفر محاسبه شد. آزمودنی‌ها پرسشنامه یادآمد تغذیه‌ای ۲۴ ساعته و فرم رضایتنامه حضور آگاهانه در طرح، پرسشنامه فعالیت بدنی و سبک زندگی (PAR-Q[1]) و همچنین پرسشنامه سلامتی PARmed-X را تکمیل نمودند (گیبسون[2] و دیگران، ۲۰۱۹). آزمودنی‌ها با روش تصادفی ساده به دو گروه ۱) تمرین عملکردی با شدت بالا و ۲) گروه کنترل تقسیم شدند. یک هفته قبل از

[1]. Physical Activity Readiness Questionnaire

[2]. Gibson

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

شروع طرح جلسه آشنایی با برنامه ورزشی برگزار شد. نمونه‌های خونی در دو مرحله یکی ۴۸ ساعت قبل از شروع دوره تمرینات ورزشی و ۴۸ پس از آخرین جلسه تمرینی از آزمودنی ها گرفته شدند. در طول مطالعه دو نفر از گروه کنترل و دو نفر از گروه تجربی به دلایل شخصی (سه نفر) و بیماری (سک نفر) از حضور در طرح انصراف دادند. این مطالعه پس از تایید کمیته اخلاق پژوهشکده علوم حرکتی دانشگاه خوارزمی به شماره IR-KHU.KRC.1000.160 و نیز اخذ کد کارآزمایی بالینی به شماره IRCT20220128053844N2 انجام گرفت.

**برنامه تمرینی:** پروتکل تمرینی عملکردی با شدت بالا به مدت هشت هفته، سه بار در هفته توسط گروه تجربی انجام شد. پروتکل تمرینی تحقیق حاضر از پروتکل تمرینی پیشنهادی اسمیت[1] و دیگران (۲۰۲۲) برگرفته شد. برنامه تمرینی شامل چهار گروه حرکات بود که مطابق با جدول ۱ انجام شد. تمرینات با شدت ≥۷ شاخص درک فشار (هر گروه فعالیت توسط شاخص درک فشار کنترل می‌شد به عبارتی شاخص درک فشار باید مساوی یا بیشتر از هفت می‌بود) و ضربان قلب مطابق با آستانه تهویه ای دوم فرد انجام گرفت و تعیین ضربان قلب تمرین مطابق آستانه تهویه ای دوم به روش پروتکل میدانی انجام گرفت. تعیین ضربان قلب تمرین به این صورت بود که فرد در اجرای ۳۰ دقیقه ای تست دوچرخه می‌بایست یک شدت حداکثر معین یا ضربان قلب بیشینه تمرین را به مدت ۱۵-۲۰ دقیقه حفظ می‌کرد. بعد از اتمام تست، میانگین ضربان قلب کسب شده به مدت ۱۵-۲۰ دقیقه در ۰/۹۵ ضرب شده و ضربان قلب تمرینی یا شدت تمرینی بدست آمد که افراد می‌بایست تمرینات را در محدوده نزدیک به این ضربان قلب انجام دهند. روال تمرینات به این صورت بود که افراد در هفته اول تا دوم هر چهار گروه تمرینی را انجام می‌دادند به عنوان مثال بعد از انجام گروه اول تمرینات به مدت سه دقیقه استراحت می‌کردند و سپس گروه دوم تمرینات را انجام می‌دادند و به همین صورت تا پایان هر چهار گروه تمرینی انجام می‌شد. زمان استراحت بین گروه‌های تمرینی در هفته های اول تا سوم سه دقیقه، هفته چهارم دو دقیقه و نیم، هفته پنجم تا ششم دو دقیقه و در هفته هفتم تا هشتم یک دقیقه و نیم در نظر گرفته شد (جدول ۱). تمرینات ورزشی هر گروه تمرینی بلافاصله و بدون استراحت پشت سرهم اجرا می‌شد.

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

[1]. Smith

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport

**جدول ۱. پروتکل تمرینات عملکردی با شدت بالا**

| تمرینات هفته اول و دوم | زمان/تکرار | تمرینات هفته سوم به بعد | زمان/تکرار |
|---|---|---|---|
| **گروه اول** | | | |
| راه رفتن سریع | ۳۰ ثانیه | دوی نرم | ۳۰ ثانیه |
| گابلت اسکووات (اسکووات بدون دمبل) | ۶ تکرار | گابلت اسکووات (اسکووات با دمبل یا کتل بل) | ۶ تکرار |
| پرس سینه با دمبل | ۸ تکرار | پرس سینه با دمبل بیشتر | ۸ تکرار |
| پلانک | ۲۰ ثانیه | پلانک + پای کوهنوردی | ۱۰ ثانیه+۱۰ تکرار |
| **گروه دوم** | | | |
| راه رفتن سریع | ۳۰ ثانیه | دوی نرم | ۳۰ ثانیه |
| گام روی استپ | ۶ تکرار | گام روی استپ با دمبل | ۶ تکرار |
| روئینگ تی آر ایکس | ۸ تکرار | روئینگ تی آر ایکس | ۸ تکرار |
| شکم چرخشی روسی | ۱۰ (هر سمت ۵ تکرار) | شکم چرخشی روسی با توپ مدیسن بال | ۱۰ (هر سمت ۵ تکرار) |
| **گروه سوم** | | | |
| راه رفتن سریع | ۳۰ ثانیه | دوی نرم | ۳۰ ثانیه |
| ددلیفت با چوب | ۶ تکرار | ددلیفت با چوب | ۶ تکرار |
| پوش پرس با دمبل | ۸ تکرار | پوش پرس با دمبل بیشتر | ۸ تکرار |
| پلانک | ۲۰ ثانیه | پلانک + پای کوهنوردی | ۱۰ ثانیه+۱۰ تکرار |
| **گروه چهارم** | | | |
| راه رفتن سریع | ۳۰ ثانیه | دوی نرم | ۳۰ ثانیه |
| لانژ | ۶ تکرار | لانژ | ۶ تکرار |
| حرکت جلو بازو تی آر ایکس | ۸ تکرار | حرکت جلو بازو تی آر ایکس | ۸ تکرار |
| شکم چرخشی روسی | ۱۰ (هر سمت ۵ تکرار) | شکم چرخشی روسی با توپ مدیسن بال | ۱۰ (هر سمت ۵ تکرار) |
| استراحت بین گروه ها | هفته اول تا سوم | | ۳ دقیقه |
| | هفته چهارم | | ۲/۵ دقیقه |
| | هفته پنجم تا ششم | | ۲ دقیقه |
| | هفته هفتم تا هشتم | | ۱/۵ دقیقه |

به منظور اندازه‌گیری متغیرهای بیوشیمیایی، فرآیند خونگیری پس از ۱۲ ساعت بصورت ناشتا و طی دو مرحله پیش از شروع طرح و پس از اجرای پروتکل، ساعت هشت صبح در محل آزمایشگاه انجام شد. از ورید بازویی آزمودنی‌ها در وضعیت نشسته به میزان شش سی سی خون گرفته شد. نمونه خونی پس از جمع آوری سانتریفیوژ شده و سرم جدا شده تا زمان اندازه گیری در فریزر ۸۰- درجه سانتی گراد نگهداری شد. سطوح سرمی گرملین-۱ به روش الایزا و با استفاده از کیت‌های انسانی (Elabscience, USA) با حساسیت ۰/۱۰ نانو گرم در میلی لیتر و ضریب تغییرات درون سنجی و میان سنجی کمتر از ۱۰ درصد اندازه‌گیری شد. غلظت انسولین سرم به روش الایزا و با استفاده از کیت‌های انسانی (Monobind, USA) با حساسیت ۰/۷۵ میکرو واحد بین‌المللی در میلی‌لیتر

و ضریب تغییرات درون سنجی و میان سنجی کمتر از ۶/۳ درصد اندازه گیری شد. غلظت گلوکز سرم به روش کالریمتریک آنزیماتیک اندازه‌گیری شد. شاخص مقاومت به انسولین با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (سافاریدیس[1] و دیگران، ۲۰۰۷).

مقاومت به انسولین = [گلوکز ناشتا (mmol/l) X انسولین (µU/ml)] ÷ ۲۲,۵

به منظور بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو -ویلک[2] استفاده شد و پس از تایید طبیعی بودن توزیع داده‌ها، روش‌های آماری پارامتریک بکار گرفته شد. از آزمون لون[3] برای بررسی برابری همگنی واریانس‌ها استفاده شد. از آمار توصیفی برای محاسبه شاخص‌های مرکزی و پراکندگی استفاده شد. برای مقایسه متغیرهای آنتروپومتریک آزمودنی ها در پیش آزمون از آزمون T مستقل[4] استفاده شد. برای مقایسه داده‌های دو گروه پس از مداخله، از تحلیل کوواریانس با کنترل پیش آزمون و برای بررسی تغییرات درون گروهی آزمون تی زوجی استفاده شد. تمامی تحلیل‌ها در سطح معنی‌داری $p<۰/۰۵$ انجام شد و برای تجزیه و تحلیل اطلاعات، از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد.

**یافته ها**

میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای آنتروپومتریک آزمودنی ها قبل و پس از مداخله در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد هیچ اختلاف معناداری در مقادیر پایه متغیرهای آنتروپومتریک آزمودنی ها بین دو گروه مطالعه وجود ندارد (جدول ۲).

**جدول ۲ مشخصات آنتروپومتریک آزمودنی ها**

| | گروه تمرین عملکردی (تعداد =۱۰ نفر) | گروه کنترل (تعداد= ۱۰ نفر) | مقادیر p |
|---|---|---|---|
| سن (سال) | ۴۰/۸۷±۶/۸۷ | ۴۰/۹۱±۶/۵۲ | ۰/۹۸ |
| قد (متر) | ۱/۶۳±۰/۰۷ | ۱/۶۸±۰/۰۷ | ۰/۱۵ |
| وزن (کیلوگرم) | ۸۳/۳۲±۱۰/۲۱ | ۸۲/۴۱±۶/۱۲ | ۰/۸۰ |
| BMI (کیلوگرم/متر مربع) | ۳۱/۱۶±۳/۶۸ | ۲۹/۷۰±۲/۵۶ | ۰/۰۹ |
| چربی بدن (درصد) | ۳۷/۹۰±۴/۸۶ | ۳۵/۵۳±۳/۹۳ | ۰/۱۹ |

نتایج نشان داد بعد از هشت هفته تمرینات عملکردی با شدت بالا، وزن بدن ($p=۰/۰۰۱$)، BMI ($p=۰/۰۰۱$) و درصد چربی ($p=۰/۰۰۱$) در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل به طور معناداری کاهش یافت. نتایج همچنین نشان داد که گلوکز ناشتا ($p=۰/۰۰۱$) و شاخص

[1]. Sarafidis
[2]. Shapiro–Wilk
[3]. Levene
[4]. Independent Samples T

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport

مقاومت به انسولین (p=۰/۰۰۱) در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل به طور معناداری کاهش یافت. بعد از هشت هفته تمرینات عملکردی با شدت بالا، غلظت گرملین-۱ در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل به طور معنی داری کاهش یافت (p=۰/۰۳). (جدول ۳)

**جدول ۳. مقادیر بیوشیمیایی و آنتروپومتری آزمودنی ها قبل و پس از ۸ هفته**

| | گروه تمرین عملکردی با شدت بالا | | | گروه کنترل | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | پیش آزمون | پس آزمون | P درون گروهی | پیش آزمون | پس آزمون | P درون گروهی | p بین گروهی |
| وزن(کیلوگرم) | ۸۳/۳۲±۱۰/۲۱ | ۸۰/۰۰±۱۰/۰۶ | ۰/۰۰# | ۸۲/۴۱±۶/۱۲ | ۸۳/۰۰±۵/۸۴ | ۰/۰۷۲ | ۰/۰۰۱* |
| BMI (کیلوگرم/متر مربع) | ۳۱/۱۶±۳/۶۸ | ۲۹/۹۰±۳/۵۰ | ۰/۰۰# | ۲۹/۷۰±۲/۵۶ | ۲۹/۹۱±۲/۴۸ | ۰/۰۸۲ | ۰/۰۰۱* |
| چربی بدن (درصد) | ۳۷/۹۰±۳/۶۱ | ۳۴/۲۲±۳/۸۰ | ۰/۰۰# | ۳۵/۵۳±۳/۹۳ | ۳۵/۷۵±۳/۹۳ | ۰/۵۱۷ | ۰/۰۰۱* |
| گلوکز ناشتا (میلی گرم/دسی لیتر) | ۱۰۷/۲۵±۵/۰۰ | ۹۵/۷۵±۸/۰۱ | ۰/۰۰# | ۱۱۳/۷۵±۱۴/۷۵ | ۱۱۴/۶۷±۱۵/۲۹ | ۰/۲۱۱ | ۰/۰۰۱* |
| مقاومت به انسولین (HOMA-IR) | ۱/۹۴±۰/۶۱ | ۱/۳۱±۰/۳۰ | ۰/۰۰# | ۱/۵۴±۰/۴۲ | ۱/۶۳±۰/۳۸ | ۰/۳۸۷ | ۰/۰۰۱* |
| گرملین-۱ (میلی‌گرم/نانوگرم) | ۱/۵۷±۰/۴۳ | ۱/۲۵±۰/۱۷ | ۰/۰۸ | ۱/۴۸±۰/۴۸ | ۱/۵۱±۰/۵۲ | ۰/۶۳۸ | ۰/۰۳* |

* نشانه تفاوت معنی‌دار نسبت به گروه کنترل؛ نشانه # تفاوت معنی دار نسبت به پیش آزمون؛ سطح معنی داری p<۰/۰۵

## بحث

در مطالعه حاضر بعد از هشت هفته تمرینات عملکردی با شدت بالا، غلظت گرملین-۱ در گروه تمرینات عملکردی با شدت بالا نسبت به گروه کنترل به طور معنی داری کاهش یافت. در خصوص تأثیر تمرینات عملکردی با شدت بالا بر سطوح گرملین-۱ در آزمودنی‌های دارای اضافه وزن و چاق اطلاعات بسیار کمی در دسترس است. اکثر مطالعات انجام شده در این زمینه، اثر تمرینات دیگری غیر از تمرینات عملکردی با شدت بالا را بر سطوح گرملین-۱ بررسی کرده‌اند که می‌توان به مطالعه فابر و دیگران (۲۰۲۰)، سعیدی و دیگران (۲۰۲۳) و کرمی و دیگران (۱۴۰۱) اشاره نمود. سعیدی و دیگران (۲۰۲۳) تاثیر انواع مختلف تمرین مقاومتی بر سطوح گرملین-۱ در مردان چاق را مورد بررسی قرار دادند و کاهش معنادار سطوح گرملین-۱ را در پس از تمرین مقاومتی گزارش کردند.

همچنین کرمی و دیگران (۱۴۰۱) تأثیر شدت‌های مختلف تمرین مقاومتی دایره ای بر گرملین-۱ و برخی شاخص‌های خطرزای قلبی عروقی در مردان چاق را بررسی کردند و کاهش معنادار سطوح گرملین-۱ را به ویژه در شدت‌های بالاتر گزارش کردند. مکانیسم‌های کاهش سطوح گرملین-۱ به دنبال تمرینات ورزشی تاکنون شناخته نشده است. کرمی و دیگران (۱۴۰۱) پیشنهاد کردند با توجه به اینکه بافت چربی به عنوان یکی از جایگاه‌های اصلی تولید و ترشح گرملین-۱ شناخته شده است (حجازی فر و دیگران، ۲۰۲۰) می‌توان کاهش تودۀ چربی بدن ناشی از تمرینات ورزشی را به عنوان یکی از سازوکارهای اصلی کاهش سطوح گرملین-۱ در نظر گرفت. فیتو و دیگران (۲۰۱۸) و بن زیو و اوکان[1](۲۰۲۱) گزارش کردند که تمرینات عملکردی با شدت بالا شاخص‌های ترکیب بدن از جمله توده چربی و درصد چربی بدن را بهبود می‌بخشد. از این رو انتظار می‌رود کاهش سطح گرملین-۱ به واسطه کاهش توده چربی ناشی از تمرینات عملکردی با شدت بالا باشد. در مطالعه حاضر نیز وزن، BMI و درصد چربی بدن به طور معناداری کاهش یافت. علاوه بر این، برخی مطالعات قبلی گزارش کرده‌اند که ممکن است بین سطوح اینترلوکین-۶ و گرملین-۱ رابطه متقابلی وجود داشته باشد و پیشنهاد کرده‌اند که اینترلوکین-۶ در شرایط آزمایشگاهی گرملین-۱ را تنظیم می‌نماید (اوریلی[2] و دیگران، ۲۰۱۴؛ هندرسون[3] و دیگران، ۲۰۲۱). از این رو، با توجه به نقش تمرینات ورزشی در کاهش التهاب سیستمیک درجه پایین و کاهش اینترلوکین-۶ به ویژه در آزمودنی‌های دارای اضافه وزن و چاق (سلطانی و دیگران، ۲۰۲۰؛ گونزالو[4] و دیگران، ۲۰۲۱)، می‌توان یکی از دلایل کاهش گرملین-۱ پس از تمرینات ورزشی را به تغییرات این آدیپوکاین نسبت داد. اگرچه در مطالعه حاضر اینترلوکین-۶ اندازه‌گیری نشد. برخی مطالعات نیز یافته‌های متفاوتی با مطالعه حاضر گزارش کرده‌اند. به طور مثال، فابر و دیگران (۲۰۲۰) تاثیر هشت هفته تمرین استقامتی بر بیان ژن گرملین-۱ سلول‌های عضلانی در مردان سالم را بررسی کردند و افزایش بیان آن را گزارش کردند (فابر و دیگران، ۲۰۲۰). در این مطالعه افزایش بیان گرملین-۱ تاثیری بر مقاومت به انسولین نداشت. فابر و دیگران (۲۰۲۰) تفاوت در نوع آزمودنی ها و نیز تفاوت بیان گرملین-۱ در بافت‌های مختلف را از دلایل تفاوت یافته هایشان با سایر مطالعات بیان کرده‌اند.

در مطالعه حاضر شاخص مقاومت به انسولین در گروه تمرینات عملکردی با شدت بالا به طور معنی داری کاهش یافت. برخی مطالعات مشابه با مطالعه حاضر کاهش معنادار شاخص مقاومت به انسولین پس از تمرینات عملکردی با شدت بالا را گزارش کرده‌اند. سعیدی

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

[1]. Ben-Zeev and Okun
[2]. O'Reilly
[3]. Henderson
[4] .Gonzalo

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport

و دیگران (۲۰۲۳) کاهش معنادار شاخص مقاومت به انسولین پس از ۱۲ هفته تمرینات عملکردی با شدت بالا را در مردان چاق گزارش کردند. اسمیت و دیگران (۲۰۲۲) اثرات ۱۲ هفته تمرین عملکردی با شدت بالا بر عوامل خطر متابولیک قلبی در مردان و زنان مبتلا به سندرم متابولیک را بررسی کردند و بهبود شاخص مقاومت به انسولین را گزارش کردند. همچنین فیلی[1] و دیگران (۲۰۱۸) اثربخشی مداخله شش هفته ای تمرینات عملکردی با شدت بالا را برای عوامل خطر متابولیک قلبی ارزیابی کردند و بهبود معنادار حساسیت به انسولین و بهبود غیرمعنادار گلوکز ناشتا را گزارش کردند. در خصوص مکانیسم‌های بهبود حساسیت به انسولین به دنبال تمرینات عملکرد با شدت بالا اطلاعات بسیار کمی در دسترس است و به انجام مطالعات بیشتری نیاز است. فیلی و دیگران (۲۰۱۸) در مطالعه خود علاوه بر بهبود مقاومت به انسولین، کاهش توده چربی کل و حفظ توده بدون چربی را گزارش کردند و پیشنهاد کردند که در تنظیم گلوکز خون و به تبع آن مقاومت به انسولین موثر است (فیلی و دیگران، ۲۰۱۸). اخیراً نیو وتد[2] و دیگران (۲۰۱۷) کاهش توده چربی بدن و بهبود عملکرد سلول‌های بتا را پس از شش هفته تمرینات عملکردی با شدت بالا در بزرگسال کم تحرک مبتلا به دیابت نوع دو گزارش کردند که ممکن است یکی از دلایل بهبود مقاومت به انسولین پس از تمرینات عملکردی باشد. مطالعات پیشنهاد کرده‌اند که بهبود سلامت بافت چربی، افزایش آدیپونکتین و افزایش اکسیداسیون چربی ناشی از سازگاری به تمرینات عملکردی با شدت بالا نیز ممکن است در بهبود مقاومت به انسولین نقش داشته باشند (فیلی و دیگران، ۲۰۱۸). افزایش اکسیداسیون چربی ممکن است، حداقل تا حدی، به افزایش آدیپونکتین نسبت داده شود. آدیپونکتین یک حساس کننده انسولین شناخته می‌شود و ظرفیت اکسایشی را با ارسال سیگنال از طریق سیرتوئین-۱[3] و پروتئین کیناز فعال شده با AMP[4] و واسطه‌های سلولی کلیدی بیوژنز میتوکندری در عضله افزایش می‌دهد (ایوابو[5] و دیگران، ۲۰۱۰). از طرفی نشان داده شده است که تمرینات عملکردی با شدت بالا منجر به کاهش توده چربی (کاپسیس[6] و دیگران، ۲۰۲۲) و افزایش توده عضلانی (کاپسیس و دیگران، ۲۰۲۲؛ بریسبویس[7] و دیگران، ۲۰۱۸) می‌گردد که این عوامل همراه با افزایش انتقال دهنده‌های گلوکز در بهبود مقاومت به انسولین نقش دارند (رودریگوئز[8] و دیگران، ۲۰۲۲). حجازی فر و دیگران (۲۰۲۰) گرملین-۱ را به عنوان یک آدیپوکاین برجسته و آنتاگونیست ترشح شده سلولی سیگنالینگ انسولین در سلول‌های چربی، عضلات اسکلتی و سلول‌های کبدی معرفی کردند و پیشنهاد کردند که

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

1 .Fealy
2. Nieuwoudt
3. Sirtuin 1
4. AMP-activated protein kinase
5. Iwabu
6. Kapsis
7. Brisebois
8. Rodriguez

گرملین-۱ سیگنال‌دهی و عمل انسولین را با مخالفت با اثرات مثبت BMP4 مهار می‌کند، اما برای اثبات این فرضیه به تحقیقات بیشتری نیاز است. در نتیجه، یکی دیگر از عوامل کاهش مقاومت به انسولین پس از تمرینات عملکردی با شدت بالا به ویژه در مطالعه حاضر را می‌توان به کاهش سطح گرملین-۱ در این آزمودنی ها نسبت داد (حجازی فر و دیگران، ۲۰۲۰).

در مطالعه حاضر بعد از هشت هفته تمرینات عملکردی با شدت بالا ، وزن بدن، BMI و درصد چربی بدن در زنان دارای اضافه وزن و چاق به طور معناداری کاهش یافت. مطالعات مختلفی تاثیر تمرینات عملکردی با شدت بالا بر ترکیب بدن را در آزمودنی‌های مختلف بررسی کرده‌اند، اما نتایج متفاوتی گزارش شده است. سوبررو[1] و دیگران (۲۰۱۷) کاهش ۱۲،۵۴ درصد در درصد چربی بدن را پس از شش هفته تمرینات عملکردی با شدت بالا مشاهده کردند که این یافته را بیشتر به افزایش توده بدون چربی بدن نسبت دادند. این یافته‌ها مشابه برنامه‌های تمرین مقاومتی سنتی است، که در آن بهبود درصد چربی بدن تا حد زیادی به افزایش توده بدون چربی بدن با تغییر کمی در توده چربی نسبت داده می‌شود (بریسبویس و دیگران، ۲۰۱۸). با این حال، نیوت وتد و دیگران (۲۰۱۷) کاهش درصد چربی بدن را به دنبال یک برنامه شش هفته ای تمرینات عملکردی با شدت بالا مشاهده کردند که عمدتاً به دلیل کاهش چربی همراه با عدم تغییر در توده بدون چربی بدن بود. کاپسیس و دیگران (۲۰۲۲) کاهش معنادار چربی کل بدن و عدم تغییر معنادار وزن بدن را پس از ۱۲ هفته تمرینات تمرینات عملکردی با شدت بالا در مردان و زنان فعال گزارش کردند. به نظر می‌رسد تفاوت در روش‌های اندازه گیری ترکیب بدن، تفاوت در حجم برنامه‌های تمرینات عملکردی، سابقه فعالیت بدنی شرکت کنندگان، ترکیب بدن اولیه آزمودنی ها و عدم کنترل رژیم غذایی از مهمترین دلایل تفاوت در این یافته ها باشد (بریسبویس و دیگران، ۲۰۱۸). در مطالعه حاضر آزمودنی‌های چاق و دارای اضافه شرکت داشتند که به نظر می‌رسد این چاقی و اضافه وزن اولیه آزمودنی‌ها در بهبود ترکیب بدنی ناشی از تمرینات عملکردی تعیین کننده بوده باشد. علاوه بر این، فیتو و دیگران (۲۰۱۹) هیچ گونه تغییر معناداری در وزن، BMI و درصد چربی بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق گزارش نکردند. این محققان مشاهده چنین یافته هایی را به چندین محدودیت بالقوه در تحقیق خود نسبت دادند. به گفته این محققان اول اینکه به دلیل ماهیت آزمایشی و کوچک بودن نمونه مطالعه، امکان تعمیم نتایج به افراد دارای اضافه وزن و چاق وجود نداشت. دوم، پرسشنامه استاندارد شده فعالیت بدنی برای فرآیند غربالگری در مطالعه فوق مورد استفاده قرار نگرفت، که ممکن بود باعث شود شرکت کنندگان در زمان ثبت نام در مطالعه سطح فعالیت بدنی خود را کمتر گزارش کنند و سوم، اینکه گروه‌های مطالعه توزیع جنسی نابرابر داشتند که همه این موارد ممکن است در بروز این

[1] Sobrero

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

نتایج موثر باشند (فیتو و دیگران، ۲۰۱۹). یکی از محدودیت‌های دیگر مطالعه حاضر عدم کنترل دقیق سطح فعالیت بدنی آزمودنی ها خارج از پروتکل تمرینی بود که ممکن است در نتایج مطالعه حاضر نقش داشته باشد.

**نتیجه گیری:** نتایج مطالعه حاضر نشان داد که هشت هفته تمرینات عملکردی با شدت بالا در زنان دارای اضافه وزن و چاق در کاهش سطح گرملین-۱ و مقاومت به انسولین و بهبود ترکیب بدن موثر می باشد. مطالعه حاضر پیشنهاد می‌کند که تمرینات عملکردی با شدت بالا می‌تواند به عنوان مداخلات تمرینی کمکی در کنترل و کاهش عوارض مرتبط با اضافه وزن و چاقی موثر باشد.

## تعارض منافع

نویسندگان در این پژوهش هیچگونه تعارض منافعی را اعلام نکرده‌اند.

## قدردانی و تشکر

این تحقیق مستخرج از یک طرح پژوهشی در دانشگاه فنی حرفه ای استان آذربایجان شرقی می باشد. بدینوسیله از دانشگاه فنی حرفه ای استان آذربایجان شرقی و تمامی افرادی که ما را در انجام تحقیق حاضر یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

## منابع

Al-Regaiey, K. A., Habib, S. S., Alshamasi, A. R., Alnuwaybit, A. F., Alwhaibi, B. A., Alsulais, N. M., ... & Iqbal, M. (2022). Relationship of Plasma Gremlin 1 Levels with Body Adiposity and Glycemic Control in Saudi Female Type 2 Diabetes Patients. Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy, 3429-3436.doi: https://doi.org/10.2147/DMSO.S372146

Archer, E., & Lavie, C. J. (2022). Obesity subtyping: the etiology, prevention, and management of acquired versus inherited obese phenotypes. Nutrients, 14(11), 2286. doi: https://doi.org/10.3390/nu14112286

Ben-Zeev, T., & Okun, E. (2021). High-intensity functional training: Molecular mechanisms and benefits. Neuromolecular Medicine, 23(3), 335-338. doi: https://doi.org/10.1007/s12017-020-08638-8

B Brisebois, M. F., Rigby, B. R., & Nichols, D. L. (2018). Physiological and fitness adaptations after eight weeks of high-intensity functional training in physically inactive adults. Sports, 6(4), 146. https://doi.org/10.3390/sports6040146

Chen, P. B., Yang, J. S., & Park, Y. (2018). Adaptations of skeletal muscle mitochondria to obesity, exercise, and polyunsaturated fatty acids. Lipids, 53(3), 271-278. doi: https://doi.org/10.1002/lipd.12037

Cheng, J.-X. and K. Yu (2022). New discovered adipokines associated with the pathogenesis of obesity and type 2 diabetes. Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy, 2381-2389. doi: https://doi.org/10.2147/DMSO.S376163

Duffy, L., Henderson, J., Brown, M., Pryzborski, S., Fullard, N., Summa, L., ... & O'Reilly, S. (2021). Bone morphogenetic protein antagonist gremlin-1 increases myofibroblast transition in dermal fibroblasts: implications for systemic sclerosis. Frontiers in Cell and Developmental Biology, 9, 681061. doi: https://doi.org/10.3389/fcell.2021.681061

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

Fabre, O., Giordani, L., Parisi, A., Pattamaprapanont, P., Ahwazi, D., Brun, C., ... & Barrès, R. (2020). GREM1 is epigenetically reprogrammed in muscle cells after exercise training and controls myogenesis and metabolism. BioRxiv, 2020-02. doi: https://doi.org/10.1101/2020.02.20.956300

Fealy, C. E., Nieuwoudt, S., Foucher, J. A., Scelsi, A. R., Malin, S. K., Pagadala, M., ... & Kirwan, J. P. (2018). Functional high-intensity exercise training ameliorates insulin resistance and cardiometabolic risk factors in type 2 diabetes. Experimental physiology, 103(7), 985-994. doi: http://doi.org/10.1113/EP087063.

Feito, Y., Heinrich, K., Butcher, S., & Poston, W. (2018). High-intensity functional training (hift): definition and research implications for improved fitness. Sports, 6 (3), 76. doi: https://doi.org/10.3390/sports6030076

Feito, Y., Patel, P., Sal Redondo, A., & Heinrich, K. M. (2019). Effects of eight weeks of high intensity functional training on glucose control and body composition among overweight and obese adults. Sports, 7(2), 51. https://doi.org/10.3390/sports7020051

Gibson, A. L., Wagner, D., & Heyward, V. (2019). Advanced fitness assessment and exercise prescription, 8E. Human kinetics.

Gonzalo-Encabo, P., Maldonado, G., Valadés, D., Ferragut, C., & Pérez-López, A. (2021). The role of exercise training on low-grade systemic inflammation in adults with overweight and obesity: A systematic review. International journal of environmental research and public health, 18(24), 13258. https://doi.org/10.3390/ijerph182413258

Grillo, E., Ravelli, C., Colleluori, G., D'Agostino, F., Domenichini, M., Giordano, A., & Mitola, S. (2023). Role of gremlin-1 in the pathophysiology of the adipose tissues. Cytokine & Growth Factor Reviews, 69, 51-60. https://doi.org/10.1016/j.cytogfr.2022.09.004

Gustafson, B., Hammarstedt, A., Hedjazifar, S., Hoffmann, J. M., Svensson, P. A., Grimsby, J., ... & Smith, U. (2015). BMP4 and BMP antagonists regulate human white and beige adipogenesis. Diabetes, 64(5), 1670-1681. https://doi.org/10.2337/db14-1127

Hedjazifar, S., Khatib Shahidi, R., Hammarstedt, A., Bonnet, L., Church, C., Boucher, J., ... & Smith, U. (2020). The novel adipokine Gremlin 1 antagonizes insulin action and is increased in type 2 diabetes and NAFLD/NASH. Diabetes, 69(3), 331-341. https://doi.org/10.2337/db19-0701

Iwabu, M., Yamauchi, T., Okada-Iwabu, M., Sato, K., Nakagawa, T., Funata, M., ... & Kadowaki, T. (2010). Adiponectin and AdipoR1 regulate PGC-1α and mitochondria by Ca2+ and AMPK/SIRT1. Nature, 464(7293), 1313-1319 .doi: https://doi.org/10.1038/nature08991

Kapsis, D. P., Tsoukos, A., Psarraki, M. P., Douda, H. T., Smilios, I., & Bogdanis, G. C. (2022). Changes in body composition and strength after 12 weeks of high-intensity functional training with two different loads in physically active men and women: A randomized controlled study. Sports, 10(1), 7. doi: https://doi.org/10.3390/sports10010007

Karami, M., Daloii, A. A., & Saeidi, A. (2022). The effect of different intensity circuit resistance training on gremlin-1, Macrophage migration inhibitory factor and some cardiovascular risk factors in obese men. Journal of Sport & Exercise Physiology (JSEP)/Fīziyuluzhī-i Varzish va Faʿāliyyat-i Badanī, 15(3). doi: https://doi.org/10.52547/joeppa.15.3.1

Khalafi, M., Symonds, M. E., Ghasemi, F., Rosenkranz, S. K., Rohani, H., & Sakhaei, M. H. (2023). The effects of exercise training on postprandial glycemia and insulinemia in adults with overweight or obesity and with cardiometabolic disorders: a systematic review and meta-analysis. Diabetes Research and Clinical Practice, 110741.doi: https://doi.org/10.1016/j.diabres.2023.110741

La Scala Teixeira, C. V., Caranti, D. A., Oyama, L. M., Padovani, R. D. C., Cuesta, M. G. S., Moraes, A. D. S., ... & Gomes, R. J. (2020). Effects of functional training and 2 interdisciplinary interventions on maximal oxygen uptake and weight loss of women with obesity: a randomized clinical trial. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism, 45(7), 777-783.doi: https://doi.org/10.1139/apnm-2019-0766

Marcelin, G., Gautier, E. L., & Clément, K. (2022). Adipose tissue fibrosis in obesity: etiology and challenges. Annual Review of Physiology, 84, 135-155. https://doi.org/10.1146/annurev-physiol-060721-092930

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

Murawska-Ciałowicz, E., de Assis, G. G., Clemente, F. M., Feito, Y., Stastny, P., Zuwała-Jagiełło, J., ... & Wolański, P. (2021). Effect of four different forms of high intensity training on BDNF response to Wingate and Graded Exercise Test. Scientific reports, 11(1), 8599. doi: https://doi.org/10.1038/s41598-021-88069-y

NNieuwoudt, S., Fealy, C. E., Foucher, J. A., Scelsi, A. R., Malin, S. K., Pagadala, M., ... & Kirwan, J. P. (2017). Functional high-intensity training improves pancreatic β-cell function in adults with type 2 diabetes. American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism, 313(3), E314-E320. doi: https://doi.org/10.1152/ajpendo.00407.2016

O'Reilly, S., Ciechomska, M., Cant, R., & van Laar, J. M. (2014). Interleukin-6 (IL-6) trans signaling drives a STAT3-dependent pathway that leads to hyperactive transforming growth factor-β (TGF-β) signaling promoting SMAD3 activation and fibrosis via Gremlin protein. Journal of Biological Chemistry, 289(14), 9952-9960. doi: https://doi.org/10.1074/jbc.M113.545822

Posnakidis, G., Aphamis, G., Giannaki, C. D., Mougios, V., Aristotelous, P., Samoutis, G., & Bogdanis, G. C. (2022). High-intensity functional training improves cardiorespiratory fitness and neuromuscular performance without inflammation or muscle damage. Journal of Strength and Conditioning Research, 36(3), 615-623. doi: https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003516

Rodriguez, J., Neyrinck, A. M., Van Kerckhoven, M., Gianfrancesco, M. A., Renguet, E., Bertrand, L., ... & Delzenne, N. M. (2022). Physical activity enhances the improvement of body mass index and metabolism by inulin: a multicenter randomized placebo-controlled trial performed in obese individuals. BMC medicine, 20(1), 1-20.doi: https://doi.org/10.1186/s12916-022-02299-z

Saeidi, A., Nouri-Habashi, A., Razi, O., Ataeinosrat, A., Rahmani, H., Mollabashi, S. S., ... & Zouhal, H. (2023). Astaxanthin Supplemented with High-Intensity Functional Training Decreases Adipokines Levels and Cardiovascular Risk Factors in Men with Obesity. Nutrients, 15(2), 286.doi: https://doi.org/10.3390/nu15020286

Saeidi, A., Seifi-Ski-Shahr, F., Soltani, M., Daraei, A., Shirvani, H., Laher, I., ... & Zouhal, H. (2023). Resistance training, gremlin 1 and macrophage migration inhibitory factor in obese men: a randomised trial. Archives of Physiology and Biochemistry, 129(3), 640-648.doi: https://doi.org/10.1080/13813455.2020.1856142

Sarafidis, P. A., Lasaridis, A. N., Nilsson, P. M., Pikilidou, M. I., Stafilas, P. C., Kanaki, A., ... & Bakris, G. L. (2007). Validity and reproducibility of HOMA-IR, 1/HOMA-IR, QUICKI and McAuley's indices in patients with hypertension and type II diabetes. Journal of human hypertension, 21(9), 709-716.doi: https://doi.org/10.1038/sj.jhh.1002201

Shahsavar, M. R. S. (2022). The effect of caloric restriction along with functional training and acidic and alkaline diet on body composition, lipid concentration andC-reactive protein in overweight adults1. Applied Biology, 12(48), 81-102.doi: https://journals.iau.ir/article_703684.html.[In Persian]

Smith, L. E., Van Guilder, G. P., Dalleck, L. C., & Harris, N. K. (2022). The effects of high-intensity functional training on cardiometabolic risk factors and exercise enjoyment in men and women with metabolic syndrome: study protocol for a randomized, 12-week, dose-response trial. Trials, 23(1), 182. doi: https://doi.org 10.1186/s13063-022-06100-7

Sobrero, G., Arnett, S., Schafer, M., Stone, W., Tolbert, T. A., Salyer-Funk, A., ... & Maples, J. (2017). A comparison of high intensity functional training and circuit training on health and performance variables in women: a pilot study. Women in sport and physical activity journal, 25(1), 1-10.doi: https://doi.org/10.1123/wspaj.2015-0035

Soltani, N., Marandi, S. M., Kazemi, M., & Esmaeil, N. (2020). The exercise training modulatory effects on the obesity-induced immunometabolic dysfunctions. Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity, 785-810. doi: https://doi.org/10.2147/DMSO.S234992

Westphal, G., Baruki, S. B. S., de Mori, T. A., de Lima Montebelo, M. I., & Pazzianotto-Forti, E. M. (2020). Effects of individualized functional training on the physical fitness of women with obesity. Lecturas: Educación Física y Deportes, 25(268). doi: https://doi.org/10.46642/efd.v25i268.2084

You, T., Arsenis, N. C., Disanzo, B. L., & LaMonte, M. J. (2013). Effects of exercise training on chronic inflammation in obesity: current evidence and potential mechanisms. Sports Medicine, 43, 243-256. doi: https://doi.org/10.1007/s40279-013-0023-3

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده