

The Effect of a Session of High and Low-intensity Resistance Exercise, with and without Blood Flow Restriction, on the Serum Levels of Irisin and Glycerol in Trained Men

Mehrdad Babaie¹, Esmail Karami^{2*}, Hamid Rajabe¹, Pezhman Motamedi¹

¹ Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Khwarazmi University, Tehran, Iran

² Exercise Physiology Research Center, Lifestyle Research Institute, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 29 July 2022 Accepted: 12 December 2022

Abstract

Background and Aim: Conducting exercises with various methods can have different effects on the body tissue. The purpose of this study is to evaluate the effects of one session of resistance training with high and low intensities, while both restricting and not restricting the blood flow, on the levels of irisin and glycerol serum in trained male subjects.

Methods: This quasi-experimental study with a cross-group design and repeated measurements, was designed to determine the effects of one session of high and low-intensity exercise, with and without the blood flow restriction, on the levels of irisin and glycerol serum. For this purpose, 10 trained male participants with the age of 25 ± 1.75 year, fat percentage of 15.7 ± 4.7 , and weight of 76.75 ± 7.95 kg were randomly selected from the available subjects. The subjects performed four resistance training protocols in 48 hours. Training protocols included: high-intensity resistance training (%75 1RM) with blood flow restriction. High-intensity resistance training (%75 1RM) without blood flow restriction. Low-intensity resistance training (%30 1RM) with blood flow restriction. And finally low intensity resistance training (%30 1RM) without blood flow restriction. Subsequently, after performing each protocol, levels of irisin and glycerol serum were examined using the ELISA method. Data were analyzed using repeated measure ANOVA.

Results: Although the changes in irisin levels were incremental, these changes were not significant. The changes in the level of glycerol, as a lipolysis level index, had significant changes due to different resistance training protocols ($P \leq 0.05$). There was also no significant relationship between irisin and glycerol secretion.

Conclusion: It seems that resistance activities with high and low intensity, with and without blood flow restriction, have no significant effects on the regulatory mechanisms of white fat browning through irisin secretion in trained men, but it causes more lipolysis.

Keywords: Resistance Exercise, Blood Flow Restriction, Irisin, Glycerol.

اثر یک جلسه فعالیت ورزشی مقاومتی با شدت بالا و پایین، با و بدون محدودیت جریان خون بر سطوح سرمی آیریزین و گلیسرول مردان فعال

مهرداد بابایی^۱، اسماعیل کرمی^{۲*}، حمید رجبی^۱، پژمان معتمدی^۱

^۱دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

^۲مرکز تحقیقات فیزیولوژی ورزش، پژوهشکده سبک زندگی، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: انجام فعالیت ورزشی با روش‌های مختلف می‌تواند اثرات متفاوتی بر بافت‌های بدن داشته باشد. هدف این پژوهش، اثر یک جلسه فعالیت ورزشی مقاومتی با شدت بالا و پایین، با و بدون محدودیت جریان خون بر سطوح آیریزین و گلیسرول سرمی مردان فعال می‌باشد.

روش‌ها: این پژوهش نیمه‌تجربی با طرح گروهی متقاطع با اندازه‌گیری مکرر باهدف تعیین اثر یک جلسه فعالیت مقاومتی با شدت بالا و پایین، با و بدون محدودیت جریان خون بر سطوح سرمی آیریزین و گلیسرول مردان تمرین کرده انجام گرفت. بدین منظور از میان جامعه در دسترس ۱۰ نفر مرد تمرین کرده با دامنه سنی $1/75 \pm 25$ سال و درصد چربی $7/7 \pm 15/4$ و وزن $75/95 \pm 76/7$ کیلوگرم، به صورت تصادفی انتخاب شدند. این افراد بافاصله ۴۸ ساعت پروتکل‌های مختلف شامل: فعالیت مقاومتی با شدت بالا (۷۵ درصد یک تکرار بیشینه) با و بدون محدودیت جریان خون و همین فعالیت با شدت پایین (۳۰ درصد یک تکرار بیشینه) با و بدون محدودیت جریان خون را انجام دادند. سطوح سرمی آیریزین و گلیسرول با استفاده از روش الایزا بررسی شد. داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر تجزیه و تحلیل شد.

یافته‌ها: اگرچه تغییرات در سطوح آیریزین به صورت افزایشی بود ولی این تغییرات معنادار نبود ولی میزان تغییرات سطوح گلیسرول به‌عنوان شاخص لیپولیز در اثر اعمال فعالیت‌های مقاومتی با روش‌های مختلف تفاوت معناداری داشت ($P < 0/05$). در ادامه بین ترشح آیریزین و گلیسرول ارتباط معناداری مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد فعالیت‌های مقاومتی با شدت بالا و پایین، با و بدون محدودیت جریان خون بر سازوکارهای تنظیمی قهوه‌ای‌کنندگی چربی سفید از طریق ترشح آیریزین در مردان تمرین کرده تفاوتی باهم ندارد ولی باعث لیپولیز بیشتری می‌گردد.

کلیدواژه‌ها: فعالیت ورزشی مقاومتی، محدودیت جریان خون، آیریزین، گلیسرول.

مقدمه

لیپولیز به آزاد شدن چند هورمون در داخل خون بستگی دارد که مهمترین آن‌ها اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین است و سطوح این هورمون‌ها در پاسخ به شدت و مدت فعالیت ورزشی متفاوت است (۶). اگرچه مطالعات جهت لیپولیز، شدت فعالیت ورزشی را بسیار مهم دانسته‌اند اما این شدت بالا برای بسیاری از افراد انجام نشدنی و آسیب‌زا می‌باشد. بنابراین تلاش برای افزایش شدت فعالیت ورزشی بدون ایجاد آسیب ناشی از بار زیاد آن باعث ایجاد یک روش تمرینی خاص شد که در آن محدودیت جریان خون (Blood flow restriction) و تمرینات با شدت پایین باهم ترکیب می‌شوند. در این نوع تمرینات جریان خون ورودی به عضو را قبل از شروع ورزش با یک باند کشی یا غیر کشی محدود می‌کنند. فشار این باند معمولاً درصدی از فشار سیستولیک فرد است و شدت این ورزش‌ها بین ۲۵ تا ۴۵ درصد حداکثر نیروی انقباضی است (۷). مطالعات پاسخ غدد درون‌ریز بالاتر و تغییرات در قدرت و هایپرتروفی بیشتر (۸) افزایش تحریک سمپاتیکی بالاتر (۹) افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی (۱۰) افزایش رگ‌زایی و افزایش رگ‌گشایی بالاتر را در تمرینات همراه با محدودیت جریان خون نسبت به تمرینات بدون محدودیت جریان خون سنتی تایید کرده‌اند (۱۱). اثر این فعالیت‌ها بر متابولیسم و تغییرات بافت چربی بررسی نشده است؛ اما شواهدی که در زیر بیان می‌شود احتمال تأثیرگذاری بالاتر نسبت به فعالیت‌های بدون محدودیت جریان خون را محتمل می‌کند. تحریک آنزیم‌های لیپولیز و همچنین فعال‌سازی چربی‌های قهوه‌ای به شدت به میزان فعال‌سازی دستگاه عصبی سمپاتیکی وابسته است (۱۲). از طرفی تایید شده است که تمرینات با محدودیت جریان خون در مقایسه با تمرینات با شدت مشابه بدون محدودیت جریان خون باعث تحریک بیشتر سیستم عصبی سمپاتیکی می‌شود (۱۳). از سوی دیگر مطالعات نشان داد تمرینات انسدادی (۲۰ درصد یک تکرار بیشینه) مشابه تمرینات مقاومتی با شدت بالا (۸۰ درصد یک تکرار بیشینه) باعث افزایش مایوکاین‌های دیگر از جمله اینترلوکین ۱۶ می‌شود که این مایوکاین نیز باعث قهوه‌ای‌تر شدن بافت چربی سفید می‌گردد (۱۴، ۱۵). تمرینات با محدودیت جریان خون باعث افزایش هورمون رشد مشابه یا حتی بالاتر از تمرینات مقاومتی شدید می‌شود که هورمون رشد نیز در تنظیم متابولیسم از طریق تحریک بسیج اسیدهای چرب و قهوه‌ای شدن آن‌ها نقش دارد (۹، ۱۶). همچنین مطالعات نشان داده است که تمرینات با محدودیت جریان خون باعث افزایش بیشتر در اکسیژن مصرفی می‌شوند (۱۰) در این زمینه مشاهده شده است که ورزشکاران با حداکثر اکسیژن مصرفی بالاتر نسبت به افراد با حداکثر اکسیژن مصرفی کمتر توانایی چربی سوزی بالاتر در یک شدت یکسان و شدت‌های بالاتر را دارند (۱۷). از دیگر شواهد تایید کننده ارتباط بین قهوه‌ای‌تر شدن چربی سفید اثر مشابه فعالیت ورزشی در شرایط هایپوکسی و افزایش سطح آیریزین، فعال‌سازی PKA است که باعث کاهش جرم و اندازه بافت چربی

در زندگی روزمره انسان افراد زیادی مشاهده می‌شوند که از لحاظ بدنی دارای وضعیت نامناسبی‌اند و شاید اغلب آن‌ها از وضعیت غیرطبیعی خود آگاه نیستند و حتی به آن اهمیت نمی‌دهند. در این میان می‌توان به اضافه‌وزن و تجمع چربی اضافی در بدن اشاره کرد. افراد دارای اضافه‌وزن در معرض خطر بسیاری از عوامل تهدیدکننده سلامتی از قبیل حمله‌های قلبی، سکته مغزی، پرفشاری خون، دیابت و بیماری‌های ریوی قرار دارند (۱). عدم تنظیم هومئوستاز، افزایش مصرف غذاهای پرانرژی و کاهش مصرف انرژی در نتیجه بی‌حرکی، خود از عوامل تجمع چربی سفید و اضافه‌وزن در بدن به شمار می‌آیند که با ایجاد تغییراتی در سبک زندگی، رژیم غذایی و بویژه فعالیت بدنی می‌توان باعث جلوگیری از آن شد (۲). دو نوع بافت چربی در بدن انسان وجود دارد که به‌عنوان چربی سفید و قهوه‌ای شناخته می‌شوند. اهمیت وجود سلول‌های قهوه‌ای که عمدتاً در نتیجه تحریک سیستم عصبی سمپاتیکی فعال می‌شوند به دلیل ارتباط آن با چاقی می‌باشد، زیرا مطالعات نشان دادند فعالیت ۵۰ گرم از سلول‌های قهوه‌ای فعال در بدن انسان می‌تواند حدود ۲۰ درصد انرژی مصرفی استراحتی را افزایش دهد (۳). بنابراین افزایش و فعال‌سازی سلول‌های چربی قهوه‌ای نیز می‌تواند یکی دیگر از مؤلفه‌هایی باشد که در هنگام طراحی روش‌های تمرینی برای کاهش و نگهداری وزن باید مورد توجه قرار گیرد و از طرفی بالا بودن شدت فعالیت ورزشی و متعاقب آن تحریک سمپاتیکی بیشتر علاوه بر لیپولیز بالاتر باعث افزایش تعداد و فعالیت این سلول‌ها می‌شود. از طرفی مطالعات نشان داده‌اند افزایش شدت فعالیت ورزشی باعث تحریک بیان ژن برخی عوامل غیر وابسته به سیستم عصبی سمپاتیکی از عضلات می‌شود که وظیفه قهوه‌ای شدن سلول‌های چربی سفید را بر عهده دارند. آیریزین (Irisin) یکی از مهمترین این مایوکاین‌ها می‌باشد که ناشی از بیان ژن PGC1α (Peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1-alpha) است. Boström نشان داد این مایوکاین با اتصال به گیرنده‌های خود در بافت چربی سفید باعث بیان ژن UCP1 (Uncoupling Protein 1) در این سلول‌ها و تبدیل آن‌ها به سلول‌های بژی (Beige cells) رنگ می‌شود (۴). البته آیریزین همچنین با فعال‌سازی PKA (Protein kinase A) باعث فعال‌سازی لیپاز حساس به هورمون (Hormone-sensitive lipase) و در نتیجه افزایش لیپولیز می‌شود که می‌تواند اسیدهای چرب موردنیاز این سلول‌ها جهت اکسایش را افزایش دهد. به نظر می‌رسد افزایش شدت فعالیت ورزشی و استرس متابولیکی ناشی از آن اثر مثبتی بر میزان ترشح آیریزین دارد (۵). اگرچه در گذشته اعتقاد بر این بود که ورزش‌های طولانی مدت با شدت متوسط (بین ۶۰ تا ۶۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی) بهترین روش تمرینی برای اکسیداسیون چربی و کاهش وزن است اما در ادامه مطالعات نشان داد سرعت

میانگین حداکثر اکسیژن مصرفی $47/5 \pm 7/9$ لیتر بر دقیقه، به صورت تصادفی از میان نمونه‌های فراخوان شده جامعه در دسترس که شامل ۳۰ نفر بودند انتخاب شدند. بعد از طی مراحل اخلاقی و امضای رضایت‌نامه کتبی و غربالگری از نظر نداشتن بیماری‌های متابولیکی، اسکلتی و غیره با استفاده از پرسشنامه سلامتی مراحل مختلف پژوهش را برابر شکل ۱ انجام دادند.

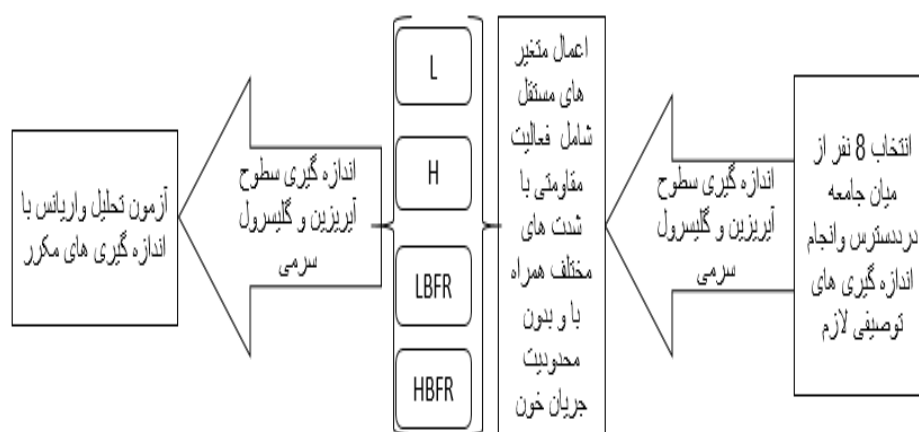
روش‌های آزمایشگاهی

برای برآورد حداکثر اکسیژن مصرفی بیشینه (VO_{2max}) هر آزمودنی با استفاده از تست بروس و به وسیله نوار گردان مدل کازمد ($cosmedT150$) ساخت کشور ایتالیا و دستگاه گاز آنالایزر مدل زن ($zan600$) ساخت کشور آلمان، در شروع کار به مدت سه دقیقه با سرعت شش کیلومتر در ساعت دوید. سپس، به ازای هر یک دقیقه، یک کیلومتر در ساعت به سرعت دستگاه اضافه شد. این عمل تا رسیدن به مرحله واماندگی ادامه یافت و گازهای تنفسی تجزیه و تحلیل شد (۲۰).

و همچنین افزایش سوخت‌وساز بافت چربی می‌باشد (۱۸). در حقیقت هاپوکسی حاد لیپولیز را به وسیله افزایش فعال‌سازی PKA انجام می‌دهد که این نیز در نتیجه افزایش تحریک سمپاتیک و حاصل اثر اپی‌نفرین است که در اثر تمرینات انسدادی می‌تواند تقویت شود (۱۹)؛ بنابراین سؤال پژوهش حاضر این است که آیا فعالیت‌های مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون می‌تواند با حفظ شدت فعالیت و در عین حال بدون آسیب ناشی از بار زیاد به‌عنوان جزیی از یک روش تمرینی در قهوه‌ای شدن چربی سفید و لیپولیز از طریق افزایش آیریزین مؤثر باشد؟

روش‌ها

این پژوهش از نوع نیمه تجربی با طرح گروهی متقاطع با اندازه‌گیری‌های مکرر است و جامعه آماری این تحقیق تعداد ۱۰ نفر دانشجوی پسر تربیت‌بدنی با میانگین سنی $25 \pm 1/75$ سال، وزن $75/95 \pm 7/7$ کیلوگرم، قد $174 \pm 3/58$ سانتی‌متر و



شکل-۱. نمودار اجرایی پژوهش

(تعداد تکرار انجام شده $1-0/2$) / میزان وزنه (کیلوگرم) = IRM

روش پژوهش

دو برنامه فعالیت مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون با شدت بالا ($75\% IRM$) و شدت پایین ($30\% IRM$) برابر جدول ۱ و نیز فشار باند هشتاد درصد فشار سیستولی هر شخص، با توجه به مطالعات راهنما و شواهد موجود در مطالعات پیشین انتخاب شد. فاصله بین انجام پروتکل‌های فعالیت بدنی توسط هر آزمودنی بیش از ۴۸ ساعت در نظر گرفته شد. هر آزمودنی چهار مرحله آزمایش خود را در ساعت یکسانی از روز (۹ تا ۱۱ صبح) انجام داد و ۴۸ ساعت پیش از انجام این مراحل هیچ فعالیت بدنی سنگینی انجام ندادند (۲۲). کلیه افراد با فاصله بیش از ده ساعت ناشتایی برنامه تحقیق را انجام دادند (۶). در طی این تحقیق دما و همچنین رطوبت هوای داخل اتاق آزمایشگاه کنترل شد. غذای آزمودنی‌ها یکسان بود چون در خوابگاه اقامت داشتند و از غذاخوری دانشگاه استفاده می‌کردند.

برای تعیین سطوح سرمی آیریزین و گلیسرول میزان ۳ میلی‌لیتر خون از سیاهرگ بازویی آزمودنی‌ها گرفته و در لوله‌های پلاستیکی حاوی ژل جداکننده سرم و بدون مواد جلوگیری‌کننده از انعقاد خون ریخته شد. این نمونه‌ها در دمای اتاق به مدت ۳۰ تا ۶۰ دقیقه بدون هم زدن نگهداری شدند سپس با استفاده از سانتریفیوژ به مدت ده دقیقه و با دور ۲۱۰۰ قرار داده شدند و سرم آن‌ها جدا شد. سرم جداشده در لوله‌های پلاستیکی ۲ میلی‌لیتر ریخته شد و سپس در دمای -70 درجه سانتی‌گراد تا تکمیل شدن همه نمونه‌ها و انتقال به آزمایشگاه برای تجزیه و تحلیل نگهداری شدند. در آزمایشگاه از روش الایزا و با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی آیریزین (با کد محصول ZB-Iri-96A/48A) و گلیسرول (با کد محصول ZB-GCL-96A/48A) انسانی شرکت زیلیو آلمان با حساسیت ($5/25 \text{ ng/L}$) سطوح هریک از این شاخص‌ها در سرم تعیین شد. یک تکرار بیشینه هر شخص در حرکات مختلف با استفاده از برآورد زیر به دست آمد (۲۱):

جدول-۱. برنامه مقاومتی اجرا شده توسط آزمودنی‌های مرد

ردیف	نام حرکت	تعداد نوبت	تعداد تکرار	IRM %	استراحت بین حرکات (Sec)	تمپو	استراحت بین نوبت‌ها (Sec)
برنامه ۱	اسکات هالتر آزاد	۴	۲۰	۳۰	۱۲۰	۰-۱۰۲	۱۲۰
	لانگز هالتر آزاد	۴	۲۰	۳۰	۱۲۰	۰-۱۰۲	۱۲۰
برنامه ۲	اسکات هالتر آزاد	۴	۸	۷۵	۱۸۰	۰-۱۰۲	۱۸۰
	لانگز هالتر آزاد	۴	۸	۷۵	۱۸۰	۰-۱۰۲	۱۸۰

و گلیسرول بین گروه‌های مختلف از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر تک‌گروهی استفاده شد در نهایت تفاوت‌ها با استفاده از آزمون تعقیبی بن فرونی بررسی شد؛ و ارتباط بین سطوح گلیسرول و آیریزین سرمی در هر فعالیت با استفاده از آزمون پیرسون سنجیده شد. سطح معناداری برای کلیه آزمون‌ها ($P \leq 0.05$) در نظر گرفته شد. داده‌های این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ تجزیه و تحلیل شد.

نتایج

نتایج آزمون شاپیرو-ویلک نشان داد که داده‌های به‌دست‌آمده از آیریزین و گلیسرول سرمی در کلیه گروه‌ها طبیعی می‌باشند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از داده‌های توصیفی در جدول ۲ و آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر نشان داده شد که تفاوت سطوح آیریزین سرمی در اثر هر یک از فعالیت‌های ذکر شده تفاوت معناداری با هم ندارد ($P > 0.05$).

فرایند گرم کردن: هفت تا هشت دقیقه جاگینگ و سپس دو تا سه دقیقه حرکات کششی پویا به‌منظور رعایت اصل گرم کردن قبل از شروع پروتکل مقاومتی جدول ۱ انجام می‌شد. انسداد خون با باند ۱۳/۵ سانتی‌متری نایلونی و ۸۰ درصد فشار سیستولی استراحتی هر شخص (برحسب میلی‌متر جیوه) هنگام انجام فعالیت‌های مقاومتی در فوقانی‌ترین قسمت ران افراد ایجاد شد. باند در فواصل استراحت بین حرکات و بین نوبت‌ها باز شد، این مقدار از فشار باند برابر ایمنی‌های تایید شده برای جلوگیری از هر نوع آسیب عضلانی و بافتی بود که از انجام مطالعات راهنما و نیز بررسی بیشینه پژوهش در این زمینه انتخاب شد همچنین کاف پهن‌تر (۱۳/۵ سانتی‌متری) می‌تواند به‌طور مؤثر انسداد شریانی را ایجاد نماید (۲۳،۲۴).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

برای مشخص کردن نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد. برای معناداری تفاوت میانگین سطوح سرمی آیریزین

جدول-۲. تغییرات سطوح آیریزین سرمی بین فعالیت مقاومتی با شدت پایین (IRM ۳۰٪) و شدت بالا (IRM ۷۵٪) همراه و بدون محدودیت جریان خون در مردان

نوع فعالیت مقاومتی	مقدار پیش از فعالیت ورزشی ng/ml	مقدار پس از فعالیت ورزشی ng/ml	میزان تغییرات ng/ml
IRM ۷۵٪ بدون BFR	۸/۸ ± ۹/۵۷	۹/۰۶ ± ۹/۷	۰/۰۸
IRM ۷۵٪ با BFR	۸/۸ ± ۹/۵۷	۹/۸۷ ± ۸/۵۹	۱/۷
IRM ۳۰٪ بدون BFR	۸/۸ ± ۹/۵۷	۱۰/۲۱ ± ۷/۱۳	۲/۳۶
IRM ۳۰٪ با BFR	۸/۹ ± ۹/۵۷	۹/۸ ± ۱۲/۰۵	۰/۹

جدول-۳. تغییرات سطوح گلیسرول سرمی بین فعالیت مقاومتی با شدت پایین (IRM ۳۰٪) و شدت بالا (IRM ۷۵٪) همراه و بدون محدودیت جریان خون در مردان

نوع فعالیت مقاومتی	مقدار پیش از فعالیت ورزشی ng/ml	مقدار پس از فعالیت ورزشی ng/ml	میزان تغییرات ng/ml
IRM ۷۵٪ بدون BFR	۴۷۴ ± ۱۵۵	۵۱۲ ± ۱۴۴	۳۸
IRM ۷۵٪ با BFR	۴۷۴ ± ۱۵۵	۵۳۸ ± ۱۷۸	۶۴
IRM ۳۰٪ بدون BFR	۴۷۴ ± ۱۵۵	۵۸۱ ± ۱۵۱	۱۰۷
IRM ۳۰٪ با BFR	۴۷۴ ± ۱۵۵	۶۴۵ ± ۲۲۴	۱۷۱

جریان خون و شدت بالا (HBFR) و فعالیت بدون محدودیت جریان خون با شدت بالا (H) سطوح پایین‌تری از گلیسرول سرمی را باعث می‌شوند. در نهایت بررسی همبستگی میان آیریزین و گلیسرول سرمی در اثر هر یک از فعالیت‌های ذکر شده ارتباط معناداری را نشان نداد ($r = -0.222$) ($P = 0.180$).

نتایج جدول ۳ نشان داد که تفاوت سطوح گلیسرول سرمی در اثر هر یک از فعالیت‌های ذکر شده تفاوت معناداری با هم دارد ($P < 0.05$). در ادامه مقایسه میانگین‌ها نشان داد سطوح سرمی گلیسرول در فعالیت‌های همراه با محدودیت جریان خون با شدت پایین (LBFR) و فعالیت بدون محدودیت جریان خون و شدت پایین (L) دارای بالاترین سطح و پس از آن فعالیت‌های با محدودیت

بحث

تحلیل آماری در این پژوهش نشان داد که فعالیت ورزشی مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون به طور معناداری باعث افزایش آیریزین سرمی نخواهد شد. نتایج همسو بسیاری نیز تایید می کند که انواع فعالیت ورزشی نمی تواند باعث تغییر معناداری در سطوح آیریزین سرمی شود (۲۵). در همین راستا برخی مطالعات اثر مزمن ورزش استقامتی و مقاومتی بر آیریزین موردسنجش داده اند که نشان می دهد سطح آیریزین به طور معناداری افزایش پیدا نکرده است (۲۶). احتمالاً به دلیل این واقعیت می باشد که آیریزین از بافت چربی نیز ترشح می گردد و تمرینات ورزشی مزمن با وزن و کاهش چربی بدن مرتبط می باشد، بنابراین معقول به نظر می رسد که آیریزین در گردش با ورزش مزمن کاهش یابد و از طرفی ورزش مزمن نیز با بهبود مقاومت به انسولین همراه است که علتی از کاهش آیریزین در گردش می باشد (۲۷). همچنین در تناقض با پژوهش حاضر مطالعات دیگری وجود دارد که بارها تایید کرده اند که فعالیت ورزشی و خصوصاً ورزش مقاومتی و از نوع سبک باعث افزایش سطوح آیریزین سرمی خواهد شد که همسو با افزایش اندک آیریزین در این مطالعه بوده است با این تفاوت که افزایش در پژوهش حاضر به صورت معنادار نبوده است (۴،۲۸). از طرفی اثر ورزش حاد بر آیریزین به صورت افزایشی و معنادار گزارش شده است که پس از آزاد شدن در گردش خون، بر روی سلول های چربی سفید عمل می کند تا پاسخ قهوه ای شدن را القا کند. البته باید توجه نمود که نوع پروتکل ورزشی (مقاومتی و استقامتی) نیز مهم است، زیرا آیریزین یک مایوکین وابسته به PGC-1 α است، لذا منطقی است که باور کنیم تنظیم مثبت PGC-1 α آیریزین بیشتری ایجاد می کند و ورزش استقامتی به دلیل افزایش در بیوژنز میتوکندریایی و افزایش تنظیم سطح PGC-1 α اثر بهتری بر تنظیم آیریزین دارد (۲۹).

در مطالعه دیگری، Keramer و همکاران در سال ۲۰۱۶ به طور مستقیم اثر تمرینات انسدادی را بر روی آیریزین بررسی کردند و نشان دادند که تمرینات همراه با محدودیت جریان خون باعث افزایش آیریزین می گردد و نتایج آن با نتایج پژوهش حاضر در تناقض است (۳۰). از طرفی چون تایید شده است که سطوح آیریزین سرمی با سطح IGF1 ارتباط مستقیمی دارد (۳۱)، و بارها نشان داده شده است که فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون باعث افزایش IGF1 به میزان بالاتری از فعالیت های سنتی با شدت بالا می شود (۶)، بنابراین بهره گیری از نتایج مطالعات فوق می تواند یک دلیل بر رد نتایج این پژوهش باشد.

دلیل تناقض های مشاهده شده در مطالعات ناهمسو با پژوهش حاضر، احتمالاً عدم توجه به این موضوع است که آیریزین بعد از ترشح از عضلات به گردش خون وارد می شود و هم زمان با این ترشح، گیرنده های آن در سطح سلول های مختلف فعال و با مصرف این مایوکاین باعث ایجاد تغییرات موردنظر در آن بافت می شود.

چون آیریزین نیز گردشی مانند دیگر پپتیدها همچون انسولین دارد (۳۲)، بنابراین می توان احتمال داد که اندازه گیری سطوح سرمی این مایوکاین می تواند گمراه کننده باشد؛ زیرا میزان مصرف واقعی این مایوکاین را اندازه گیری نمی کند و نمی تواند نماینده خوبی از میزان ترشح آن باشد. از طرفی همان گونه که ذکر شد با توجه به نمونه آماری این پژوهش که افراد تمرین کرده بودند و از درصد چربی کمتری برخوردار بودند و اختلاف بین قبل و بعد از تمرین سطوح سرمی آنان معنادار نبوده است (۲۷).

همانگونه که ذکر شد آیریزین فقط یک مایوکاین نیست بلکه می تواند به عنوان یک آدیوکاین نیز از بافت چربی زیرپوستی ترشح شود (در انسان تقریباً ۱۵ درصد آیریزین ترشح شده از بافت چربی است) که عوامل زیادی همچون سطح گلوکز خون، میزان ذخایر سلول های چربی در بدن، سن و غیره می تواند میزان ترشح آن را در این بافت تغییر دهد (۳۳). در این راستا در مطالعه کرمی و همکاران در سال ۲۰۱۹ نشان داده شد که بین ترشح آیریزین و ناشتایی ارتباط معناداری وجود ندارد (۳۳). ولی مطالعات دیگری بیان کردند ترشح آیریزین از ذخایر چربی زیر جلدی و احشایی با تمرین ورزشی طولانی مدت و روزه داری کاهش می یابد (۳۴). از طرفی آیریزین یک مولکول کوتاه عمر با سرعت تخریب بالا می باشد و اندازه گیری آن در ۳۰ دقیقه و یا بیشتر از آن، ممکن است نتایج را با اختلال مواجه نماید (۲۷). بنابراین احتمالاً تناقض های موجود در مطالعات قبلی و مطالعه حاضر را به تفاوت شرایط آزمودنی ها و پروتکل های مختلف ورزشی و حالت ناشتایی و زمان اندازه گیری نسبت داد. لذا با توجه به اینکه عوامل زیادی بر سطوح آیریزین سرمی تأثیر دارد نتیجه گیری در این زمینه را با مشکل مواجه کرده است و آن را منوط به انجام مطالعات بیشتر در آینده می کند.

مقایسه میانگین ها بین فعالیت های با و بدون محدودیت جریان خون نشان داد که محدودیت جریان خون می تواند سطوح گلیسرول سرمی بالاتری را ایجاد کند. با توجه به اینکه گلیسرول پلاسمایی به عنوان شاخصی از لیپولیز است مطالعات پژوهشی نشان داده اند که بعد از فعالیت ورزشی، حتی ورزش مقاومتی غلظت گلیسرول و اسیدهای چرب به طور پایداری بالا می رود (۲۲).

مطالعات غیرمستقیم همسویی وجود دارد که نشان داده فعالیت همراه با محدودیت جریان خون نسبت به این فعالیت ها بدون محدودیت جریان خون باعث ترشح بالاتر هورمون رشد (۶) و تحریک بالاتر کاتکولامین می شود (۱۲) گفته شد که کاتکولامین ها و هورمون رشد به عنوان هورمون های لیپولیز کننده مدنظر می باشند (۳۵).

مقایسه بین فعالیت های مقاومتی با شدت کم با تکرار بالا (۲۰ تکرار) و فعالیت با شدت بالا با تکرار کم (۸ تکرار) نشان داد که فعالیت های با شدت کم و حجم بالای تکرار، سطوح گلیسرول سرمی بالاتری را ایجاد خواهد کرد. مطالعات همسویی با نتایج این پژوهش، لیپولیز بالاتر در فعالیت های مقاومتی با شدت کمتر و حجم بالاتر تکرارها را تایید می کنند (۳۶). دلیل احتمالی آن

می‌تواند در بهبود ترکیب بدن به‌عنوان یک روش تمرینی نوین مورد توجه قرار گیرند. از طرفی اثر فعالیت‌های همراه با محدودیت جریان خون با شدت‌های مختلف در مقایسه با این فعالیت‌ها بدون محدودیت جریان خون بر سطوح آیریزین به‌عنوان مایوکاین قهوه‌ای‌کنندگی چربی سفید، روال مشخصی را نشان نداد که به نظر می‌رسد بهتر است مطالعات آینده به‌جای اندازه‌گیری سطوح سرمی این مایوکاین، به اثرات آن بر بافت‌های مختلف بپردازند تا بتوان نتیجه‌گیری بهتری را ارائه داد. از طرفی سایر عوامل محدودکننده مثل سن، میزان بافت چربی، ترکیب بدن، تمرین کرده و یا تمرین نکرده بودن آزمودنی‌ها، ناشتا و غیر ناشتا بودن آزمودنی‌ها، نوع پروتکل ورزشی و حاد و یا مزمن بودن تمرین، می‌بایست مد نظر قرار گیرند.

نکات بالینی کاربردی برای جوامع نظامی

- نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش نشان داد که فعالیت‌های مقاومتی با محدودیت جریان خون و شدت کم با تکرار بالا را می‌توان به‌عنوان یک روش تمرینی جدید در بهبود ترکیب بدن به متخصصان علوم ورزشی معرفی کرد که احتمالاً به‌صورت هم‌زمان کارایی بالاتری از فعالیت‌های سنتی بدون محدودیت جریان خون در متابولیسم بافت چربی دارند. لذا با توجه به ایمن بودن این نوع از تمرینات برای افراد با آمادگی متوسط به بالا، می‌توان از این نوع تمرینات در بهبود ترکیب بدن نیروهای نظامی بهره برد.

می‌تواند اثر بالاتر تمرینات مقاومتی با شدت متوسط و کم (بین ۳۰ تا ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه) بر ترشح هورمون رشد دانست (۳۷)؛ بنابراین این مطالعات نتایج پژوهش حاضر را توجیه می‌کنند. در مقابل مطالعات ناهمسویی توسط Goto و Kang باهدف اثر تمرینات مقاومتی بر میزان لیپولیز نشان داد که تمرینات مقاومتی با شدت بالا اثر بیشتری نسبت به این تمرینات با شدت کم بر لیپولیز دارد (۲۲). مبانی نظری محدودی هم پیشنهاد می‌کند که فعالیت‌های با شدت بالا به دلیل تحریک سمپاتیکی بالاتر احتمالاً بتواند لیپولیز بالاتری ایجاد کند (۱۱).

مطالعات نشان داده‌اند فعالیت‌های همراه محدودیت جریان خون نسبت به فعالیت‌های سنتی باعث افزایش بیشتر VO_{2max} و متعاقب آن اکسیداسیون بیشتر چربی‌ها می‌شود (۳۸). همچنین در یک مطالعه که توسط Park انجام شد نشان داده شد نسبت تبادل تنفسی در گروهی که فعالیت هوازی خود را همراه با محدودیت جریان خون انجام داده بود نسبت به گروه کنترل به‌طور معناداری کاهش یافته بود (۳۹). مطالعات همسوئی سطوح بالاتر تستوسترون را که یک لیپولیز کننده است را در فعالیت‌های همراه با محدودیت جریان خون نسبت به فعالیت بدون محدودیت جریان خون تایید کرده‌اند (۳۳، ۴۰). در مجموع اگرچه آیریزین به‌عنوان یک لیپولیز کننده مدنظر می‌باشد (۵)، اما در این پژوهش بررسی ارتباط بین سطوح آیریزین و گلیسرول سرمی روال مشخص و معناداری را نشان نداد و احتمالاً افزایش سطح گلیسرول در شرایط ناشتا یا زمان افزایش تقاضای انرژی به‌شدت توسط سیگنال‌های عصبی و موارد یاد شده فوق تنظیم شده است (۴۱) و آیریزین اثر ضعیف‌تری نسبت به دیگر موارد بر لیپولیز داشته است.

نتیجه‌گیری

مقایسه میانگین‌ها بین فعالیت‌های با محدودیت جریان خون و فعالیت‌های بدون محدودیت جریان خون نشان داد محدودیت جریان خون می‌تواند لیپولیز بالاتری را ایجاد کند. در ادامه مقایسه بین فعالیت‌های با شدت کم با تکرار بالا (۲۰ تکرار) و فعالیت با شدت بالا با تکرار کم (۸ تکرار) نشان داد که فعالیت‌های با شدت کم و حجم بالای تکرار، لیپولیز بالاتری را ایجاد خواهد کرد و

تشکر و قدردانی: مقاله حاضر مستخرج از نتایج پایان‌نامه

است که در دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج) با کد اخلاق IR.BMSU.REC.1396.98 انجام شده است. نویسندگان مراتب سپاس و قدردانی خود را از همکاری دانشجویان دانشگاه خوارزمی اعلام می‌دارند.

تضاد منافع: نویسندگان تصریح می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد

منافی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

1. Edington DW, Edgerton VR. The Biology of physical activity. Translated by Nikbakht H. Tehran: Samat Publications, 2003. [in Persian]
2. Tabrizi JS, Sadeghi-Bazargani H, Farahbakhsh M, Nikniaz L, Nikniaz Z. Prevalence and associated factors of overweight or obesity and abdominal obesity in Iranian population: a population-based study of northwestern Iran. *Iranian Journal of Public Health*. 2018;47(10):1583-92.
3. Rothwell NJ, Stock MJ. A role for brown adipose tissue in diet-induced thermogenesis. *Nature*. 1979;

281(5726):31-5. doi:10.1038/281031a0

4. Boström P, Wu J, Jedrychowski MP, Korde A, Ye L, Lo JC, et al. A PGCI- α -dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. *Nature*. 2012;481(7382):463-8. doi:10.1038/nature10777

5. Xiong XQ, Chen D, Sun HJ, Ding L, Wang JJ, Chen Q, et al. FNDC5 overexpression and irisin ameliorate glucose/lipid metabolic derangements and enhance lipolysis in obesity. *Biochimica et Biophysica Acta*. 2015;1852(9):1867-75. doi:10.101

6/j.bbadis.2015.06.017

6. Takano H, Morita T, Iida H, Asada KI, Kato M, Uno K, et al. Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. *European Journal of Applied Physiology*. 2005;95(1):65-73. doi:10.1007/s00421-005-1389-1

7. Otsuki T, Takanami Y, Aoi W, Kawai Y, Ichikawa H, Yoshikawa T. Arterial stiffness acutely decreases after whole-body vibration in humans. *Acta Physiologica*. 2008;194(3):189-94. doi:10.1111/j.1748-1716.2008.01869.x

8. Abe T, Fujita S, Nakajima T, Sakamaki M, Ozaki H, Ogasawara R, et al. Effects of low-intensity cycle training with restricted leg blood flow on thigh muscle volume and VO₂max in young men. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2010;9(3):452-8.

9. Yasuda T, Fukumura K, Iida H, Nakajima T. Effects of detraining after blood flow-restricted low-load elastic band training on muscle size and arterial stiffness in older women. *Springerplus*. 2015;4(1):348. doi:10.1186/s40064-015-1132-2

10. Loenneke JP, Wilson JM, Wilson GJ, Pujol TJ, Bembien MG. Potential safety issues with blood flow restriction training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2011;21(4):510-8. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01290.x

11. Seals DR, Victor RG, Mark AL. Plasma norepinephrine and muscle sympathetic discharge during rhythmic exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*. 1988;65(2):940-4. doi:10.1152/jappl.1988.65.2.940

12. Park SY, Kwak YS, Harveson A, Weavil JC, Seo KE. Low intensity resistance exercise training with blood flow restriction: insight into cardiovascular function, and skeletal muscle hypertrophy in humans. *The Korean Journal of Physiology & Pharmacology*. 2015;19(3):191-6. doi:10.4196/kjpp.2015.19.3.191

13. Karabulut M, Sherk VD, Bembien DA, Bembien MG. Inflammation marker, damage marker and anabolic hormone responses to resistance training with vascular restriction in older males. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. 2013;33(5):393-9. doi:10.1111/cpf.12044

14. Sanchez-Delgado G, Martinez-Tellez B, Olza J, Aguilera CM, Gil Á, Ruiz JR. Role of exercise in the activation of brown adipose tissue. *Annals of Nutrition and Metabolism*. 2015;67(1):21-32. doi:10.1159/000437173

15. Kirk B, Feehan J, Lombardi G, Duque G. Muscle, bone, and fat crosstalk: the biological role of myokines, osteokines, and adipokines. *Current Osteoporosis Reports*. 2020;18(4):388-400. doi:10.1007/s11914-020-00599-y

16. Ran L, Wang X, Mi A, Liu Y, Wu J, Wang H, et al. Loss of adipose growth hormone receptor in mice enhances local fatty acid trapping and impairs brown adipose tissue thermogenesis. *Iscience*. 2019;16:106-21. doi:10.1016/j.isci.2019.05.020

17. Van Den Borst B, Schols AM, de Theije C, Boots AW, Köhler SE, Goossens GH, et al. Characterization of the inflammatory and metabolic

profile of adipose tissue in a mouse model of chronic hypoxia. *Journal of Applied Physiology*. 2013;114(11):1619-28. doi:10.1152/jappphysiol.00460.2012

18. Shin MK, Jun JC, Bevans-Fonti S, Drager LF, Polotsky VY. Acute hypoxia induces lipolysis via activation of the sympathetic nervous system. In A109. HYPOXIA 2011 May (pp. A2477-A2477). American Thoracic Society.

19. Madarame H, Neya M, Ochi E, Nakazato K, Sato Y, Ishii N. Cross-transfer effects of resistance training with blood flow restriction. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2008;40(2):258-63. doi:10.1249/mss.0b013e31815c6d7e

20. Souza RR, Silva GD, Gomes PS, Gonçalves L, Gama EF, Maifirino LB. Effects of 5 weeks resistance exercises on ANP-granules in wistar rats. *Brazilian Journal of Morphological Sciences*. 2008;25(1-4):35-108.

21. Madarame H, Sasaki K, Ishii N. Endocrine responses to upper-and lower-limb resistance exercises with blood flow restriction. *Acta Physiologica Hungarica*. 2010;97(2):192-200. doi:10.1556/aphysiol.97.2010.2.5

22. Kang J, Rashti SL, Tranchina CP, Ratamess NA, Faigenbaum AD, Hoffman JR. Effect of preceding resistance exercise on metabolism during subsequent aerobic session. *European Journal of Applied Physiology*. 2009;107(1):43-50. doi:10.1007/s00421-009-1100-z

23. Loenneke JP, Fahs CA, Rossow LM, Thiebaud RS, Mattocks KT, et al. Blood flow restriction pressure recommendations: a tale of two cuffs. *Frontiers in Physiology*. 2013;4:249. doi:10.3389/fphys.2013.00249

24. Lorenz DS, Bailey L, Wilk KE, Mangine RE, Head P, Grindstaff TL, et al. Blood flow restriction training. *Journal of Athletic Training*. 2021;56(9):937-44. doi:10.4085/418-20

25. Kurdiova T, Balaz M, Vician M, Maderova D, Vlcek M, Valkovic L, et al. Effects of obesity, diabetes and exercise on Fndc5 gene expression and irisin release in human skeletal muscle and adipose tissue: *in vivo* and *in vitro* studies. *The Journal of Physiology*. 2014;592(5):1091-107. doi:10.1111/jphysiol.2013.264655

26. Qiu S, Cai X, Sun Z, Schumann U, Zuegel M, Steinacker JM. Chronic exercise training and circulating irisin in adults: A meta-analysis. *Sports Medicine*. 2015;45(11):1577-88. doi:10.1007/s40279-014-0293-4

27. Polyzos SA, Anastasilakis AD, Efstathiadou ZA, Makras P, Perakakis N, Kountouras J, et al. Irisin in metabolic diseases. *Endocrine*. 2018;59(2):260-74. doi:10.1007/s12020-017-1476-1

28. Tsuchiya Y, Ando D, Takamatsu K, Goto K. Resistance exercise induces a greater irisin response than endurance exercise. *Metabolism*. 2015;64(9):1042-50. doi:10.1016/j.metabol.2015.05.010

29. Fox J, Rioux BV, Goulet ED, Johansen NM, Swift DL, Bouchard DR, et al. Effect of an acute exercise bout on immediate post-exercise irisin concentration in adults: a meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in*

- Sports. 2018;28(1):16-28. doi:10.1111/sms.12904
30. Kraemer RR, Goldfarb AH, Reeves GV, Meachum WA, Castracane VD. Effects of partial vascular occlusion on irisin responses to loaded muscle contractions. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2016;41(3):332-4. doi:10.1139/apnm-2015-0464
31. Roca-Rivada A, Castela C, Senin LL, Landrove MO, Baltar J, Crujeiras AB, et al. FNDC5/irisin is not only a myokine but also an adipokine. *PloS One*. 2013;8(4):e60563. doi:10.1371/journal.pone.0060563
32. Kang J, Lee J, Kwon D, Song Y. Exercise on Insulin Sensitivity and Associations with PPAR- γ and PGC-1 α Protein Expression in Skeletal Muscle of Rats. *International Journal of Molecular Sciences*. 2013;14:7140-54. doi:10.3390/ijms14047140
33. Karami E, Babaei M, Rajabi H. effect of 12 hours fasting on the levels of exercise serum Irisin. *International Conference on Humanities, Social and Lifestyle*. 2019. [In Persian]
34. Rodríguez A, Becerril S, Ezquerro S, Mendez-Gimenez L, Frühbeck G. Crosstalk between adipokines and myokines in fat browning. *Acta Physiologica*. 2017;219(2):362-81. doi:10.1111/apha.12686
35. Tüüdis PM, Tupling AR, Houston ME. *Biochemistry primer for exercise science*. Human Kinetics; 2012.
36. Kessler HS, Sisson SB, Short KR. The potential for high-intensity interval training to reduce cardiometabolic disease risk. *Sports Medicine*. 2012;42(6):489-509. doi:10.2165/11630910-00000000-00000
37. Kargarfard M, Amiri E, Moradian K. The Comparison of four Resistance Training Protocols on Level of Human Growth Hormone Secretion in Beginner Male Athletes. *Journal of Isfahan Medical School*. 2010;28(108):327-38. [In Persian]
38. Manimmanakorn A, Hamlin MJ, Ross JJ, Taylor R, Manimmanakorn N. Effects of low-load resistance training combined with blood flow restriction or hypoxia on muscle function and performance in netball athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2013;16(4):337-42. doi:10.1016/j.jsams.2012.08.009
39. Park S, Kim JK, Choi HM, Kim HG, Beekley MD, Nho H. Increase in maximal oxygen uptake following 2-week walk training with blood flow occlusion in athletes. *European Journal of Applied Physiology*. 2010;109(4):591-600. doi:10.1007/s00421-010-1377-y
40. Cook CJ, Kilduff LP, Beaven CM. Improving strength and power in trained athletes with 3 weeks of occlusion training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2014;9(1):166-72. doi:10.1123/ijsp.2013-0018
41. Frühbeck G, Méndez-Giménez L, Fernández-Formoso JA, Fernández S, Rodríguez A. Regulation of adipocyte lipolysis. *Nutrition Research Reviews*. 2014;27(1):63-93. doi:10.1017/S095442241400002X