

علوم زیستی ورزشی - زمستان ۱۳۹۸
دوره ۱۱، شماره ۴، ص: ۴۴۶ - ۴۳۳
تاریخ دریافت: ۲۹ / ۱۱ / ۹۷
تاریخ پذیرش: ۳۰ / ۰۶ / ۹۸

تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای بر سطوح اینترلوکین ۱۵، IGF-I و IGFBP-3 در مردان دارای اضافه‌وزن

شبنم بیدآبادی^۱ - ماندانا غلامی*^۲ - نادر شاکری^۳

۱. کارشناس ارشد، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران ۳۲. استادیار،
گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

اینترلوکین ۱۵ (IL-15) از سایتوکاین‌های مهمی است که توسط عضله اسکلتی و در پاسخ به فعالیت ورزشی ترشح می‌شود و تأثیرات متعددی بر بافت‌های مختلف از جمله بافت عضلانی دارد. پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر ۸ هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای بر سطوح سرمی IL-15 در مردان جوان دارای اضافه‌وزن صورت گرفت. ۲۰ مرد جوان دارای اضافه‌وزن (BMI: $26.32 \pm 0.98 \text{ kg.m}^2$ ، سن: $27/49 \pm 4/14$ سال، وزن: $80/18 \pm 4/95$ کیلوگرم) به صورت تصادفی به دو گروه (n=10) کنترل و تمرین مقاومتی دایره‌ای تقسیم شدند. برنامه تمرین مقاومتی دایره‌ای به مدت ۸ هفته و ۳ جلسه در هفته اجرا شد. هر جلسه تمرین شامل ۹ حرکت بود که با شدت ۵۰ تا ۶۰ درصد IRM اجرا می‌شد. طی این مدت، آزمودنی‌های گروه کنترل نیز برنامه عادی روزانه را ادامه دادند. پیش و پس از ۴۸ ساعت از آخرین جلسه تمرین به میزان ۷ میلی‌لیتر از ورید بازویی آزمودنی‌ها جهت برآورد متغیرهای مورد بررسی (IGF-I، IL-15 و IGFBP3) خون‌گیری به عمل آمد. یافته‌ها نشان داد، تغییرات در سطوح IGF-I، IL-15 و IGFBP-3 بین دو گروه کنترل و تمرین مقاومتی دایره‌ای از نظر آماری معنادار نبوده است ($P > 0/05$). با وجود این، درصد چربی بدن در گروه تمرین‌کرده در مقایسه با گروه کنترل، کاهش معناداری نشان داد ($P = 0/003$). براساس یافته‌های حاضر می‌توان گفت که تأثیرات مثبت احتمالی تمرینات مقاومتی دایره‌ای طی مدت ۸ هفته در مردان جوان دارای اضافه‌وزن از طریق مسیرهای دیگری غیر از تغییر در سطوح متغیرهای مورد بررسی از جمله IL-15 اتفاق می‌افتد.

واژه‌های کلیدی

اضافه‌وزن، اینترلوکین-۱۵، تمرین مقاومتی دایره‌ای، مایوکاین.

مقدمه

سایتوکاین‌ها تنظیم‌کننده‌های کلیدی پاسخ التهابی و مسئول فراخوانی به جایگاه التهاب و فعال‌سازی سلول‌های ایمنی‌اند و برای پاسخ ایمنی مناسب لازم است که فعالیت سایتوکاین‌ها به‌دقت کنترل شود (۱). سایتوکاین‌ها خانواده‌ای از پپتیدهای درون‌سلولی‌اند که تأثیر مهمی بر پاسخ‌های التهابی و ایمنی دارند و معمولاً به انواع پیش‌التهابی ($IL-1\alpha$, $IL-1\beta$, $TNF-\alpha$) و ضدالتهابی ($IL-6$, $IL-10$, $IL-1Ra$) تقسیم می‌شوند که به‌منظور حفظ هموستاز متوسط سایتوکاینی دارای اثر ضدتنظیمی^۱ بر یکدیگرند (۲).

اینترلوکین ۱۵ ($IL-15$)، یک سایتوکاین پیش‌التهابی است که از طریق انواع مختلف سلول مانند ماکروفاژها، سلول‌های عضلانی، فیبروبلاست‌ها و غیره تولید می‌شود (۳). $IL-15$ عملکردهای مختلفی دارد و به‌عنوان سایتوکاین چندعملکردی شناخته می‌شود که می‌تواند ایمنی ذاتی را با ایمنی سازشی مرتبط سازد و به‌عنوان عضوی از خانواده سایتوکاین‌های تنظیم‌کننده سیستم ایمنی قابلیت‌های درمانی دارد (۴). برخی محققان نیز $IL-15$ را به‌عنوان یک مایوکاین معرفی کرده‌اند که در پاسخ به فعالیت ورزشی از عضله اسکلتی ترشح می‌شود و می‌تواند رشد توده عضلانی را تحت تأثیر قرار دهد (۵). مایوکاین اصطلاحی است که به انواع مختلفی از سایتوکاین‌ها و کموکاین‌ها گفته می‌شود که به‌وسیله میوسیت‌ها و در پاسخ به انقباضات عضله اسکلتی تولید می‌شوند. عنوان شده است که پاسخ مایوکاین‌ها به فعالیت ورزشی در افراد، متفاوت است و می‌تواند بسته به انواع مختلفی از عوامل مانند نوع، شدت یا مدت فعالیت ورزشی، جنس و سطح آمادگی جسمانی افراد متفاوت باشد (۶).

افزایش سطوح $IL-15$ به‌عنوان یک مایوکاین با بهبود حساسیت انسولین، افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب کل بدن و افزایش سوخت‌وساز گلوکز همراه است و به بهبود متابولیسم انرژی عضله منجر می‌شود (۷). بر این اساس، امروزه تأثیرات مثبت $IL-15$ در چاقی توجه مطالعات زیادی را به خود معطوف کرده است که از جمله این تأثیرات می‌توان به نقش $IL-15$ در تسریع کاهش چربی بدن و وزن بدن، بهبود متابولیسم لیپید و گلوکز، کاهش التهاب بافت چربی سفید، افزایش عملکرد میتوکندریایی و تغییر در ترکیب تارهای عضلانی اشاره کرد (۸). برخی محققان نیز عنوان کرده‌اند که $IL-15$ با سایر عوامل مانند $IGF-I$ مرتبط است. در این زمینه گزارش شده است که $IGF-I$ به‌صورت مستقیم به تحریک ترشح $IL-15$ از طریق سازوکارهای وابسته به مسیر پیام‌رسانی $mTOR$ منجر می‌شود (۹). برخی محققان نیز عنوان

کرده‌اند که IL-15 در سایر بافت‌ها از جمله بافت عصبی با تحریک افزایش تولید IGF-I همراه است (۱۱،۱۰). در مقابل، نتایج برخی مطالعات صورت‌گرفته نشان داده است که IL-15 نه تنها تأثیرات خود را به صورت مستقل از IGF-I اعمال می‌کند، بلکه IL-15 برخلاف IGF-I بر میوتیوب‌های کاملاً تمایز یافته تأثیر می‌گذارد و عمل هایپرتروفیک IL-15 روی سلول‌های عضله اسکلتی با تحریک کردن تکثیر و تمایز میوبلاست‌های عضلانی همراه نیست (۱۱). همچنین برخلاف IGF-I که تنها با تحریک سنتز پروتئین همراه است، IL-15 علاوه بر اینکه سنتز پروتئین را تحریک می‌کند، به مهار تجزیه پروتئین نیز منجر می‌شود (۱۱).

بر اساس شواهد موجود، تمرینات و فعالیت ورزشی حاد به‌عنوان یکی از عوامل اثرگذار بر سطوح IL-15 معرفی شده است (۱۲). اگرچه گزارش شده است که یک جلسه فعالیت ورزشی استقامتی (۱۳) و مقاومتی (۱۴) با افزایش سطوح IL-15 همراه است و بر همین اساس IL-15 را به‌عنوان یک مایوکاین نامیدند، نتایج در خصوص تأثیر طولانی‌مدت تمرینات ورزشی بر سطوح IL-15 ضدونقیض است. برخی محققان گزارش کرده‌اند که انواع مختلف تمرینات ورزشی به مدت ۸ هفته به افزایش سطوح IL-15 منجر می‌شود، اما این تغییرات حداقل در دوره هشت‌هفته‌ای از نظر آماری معنادار نبوده است (۱۵). علاوه بر این، به نظر می‌رسد که تمرینات ورزشی و مداخلات تغذیه‌ای به‌تنهایی یا در ترکیب با هم می‌توانند تأثیرات متفاوتی بر سطوح IL-15 داشته باشند و در این زمینه گزارش شده است که ۱۲ هفته رژیم غذایی کم‌کالری به‌تنهایی یا در ترکیب با تمرین استقامتی به کاهش معنادار سطوح IL-15 منجر می‌شود و در مقابل افزایش اندک و غیرمعنادار IL-15 در گروه تمرین استقامتی مشاهده شد (۱۶). برخی محققان نیز نشان داده‌اند که اگرچه تمرینات استقامتی به مدت ۱۲ هفته تأثیر معناداری بر سطوح پلاسمایی و بیان IL-15 ندارد، با افزایش معنادار سطوح پروتئین IL-15 در بافت عضلانی مردان جوان فعال همراه است (۱۷،۱۶) که بر اهمیت جایگاه بررسی IL-15 به‌منظور تعیین تأثیر دقیق تمرین ورزشی بر IL-15 تأکید دارد. با این همه، هنوز تأثیر دقیق انواع مختلف تمرینات ورزشی به‌ویژه تمرین مقاومتی دایره‌ای بر سطوح IL-15 مشخص نیست. بنابراین، تعیین سازوکارهای مختلف و دقیق اثرگذاری تمرین مقاومتی دایره‌ای به‌عنوان یک روش تمرینی که مزایای قلبی‌عروقی و نقش آن افزایش قدرت گزارش شده است (۱۸) و همچنین در افزایش اکسیژن مصرفی بیشینه، تهویه ریوی بیشینه، ظرفیت عملکردی و قدرت همزمان با بهبود ترکیب بدن بسیار مؤثر است (۱۹)، اهمیت بسیاری دارد. با توجه به یافته‌های ضدونقیض در خصوص تأثیر تمرینات ورزشی مختلف بر سطوح IL-15 و همچنین نبود اطلاعات در مورد تأثیر تمرین مقاومتی

دایره‌ای بر سطوح این میوکین، محقق در پژوهش حاضر به بررسی تأثیر ۸ هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای بر سطوح IGF-I، IL-15 و IGFBP-3 در مردان دارای اضافه‌وزن پرداخته است.

روش تحقیق

آزمودنی‌های تحقیق

جامعه آماری پژوهش حاضر را مردان دارای اضافه‌وزن و غیرفعال شهر تهران تشکیل می‌دادند که از بین جامعه آماری مدنظر، ۲۰ مرد دارای اضافه‌وزن (شاخص توده بدن بیشتر از ۲۵ و کمتر از 30 kg.m^2) با میانگین سنی $26/4 \pm 4/8$ سال به صورت داوطلبانه به‌عنوان نمونه آماری برای شرکت در پژوهش حاضر انتخاب شدند. به‌منظور انتخاب آزمودنی‌ها از روش نمونه‌گیری هدفمند و مبتنی بر نمونه در دسترس استفاده شد.

چگونگی اجرای پژوهش

ابتدا در چند باشگاه ورزشی از طریق پخش اعلامیه اطلاع‌رسانی شد و شرایط شرکت در تحقیق حاضر برای آزمودنی‌ها توضیح داده شد. از میان افراد مراجعه‌کننده، ۲۰ نفر به‌عنوان نمونه آماری پژوهش انتخاب شدند. در ابتدا همه آنها در یک جلسه توجیهی شرکت کردند و اهداف، فواید و خطرهای احتمالی پروتکل موردنظر برای آزمودنی‌ها توضیح داده شد. در پایان از همه آزمودنی‌ها رضایت‌نامه آگاهانه کتبی اخذ شد. آزمودنی‌ها به بیماری خاصی از جمله پرفشار خونی، دیابت، بیماری‌های قلبی-عروقی، صرع و هر نوع بیماری دیگری مبتلا نبودند، دارو یا مکمل خاصی مصرف نمی‌کردند و طی یک سال اخیر در تمرینات ورزشی منظم شرکت نداشتند. در نهایت آزمودنی‌های حاضر به‌صورت تصادفی در دو گروه کنترل و تمرین مقاومتی دایره‌ای قرار گرفتند که هر کدام از گروه‌ها مشتمل بر ۱۰ نفر بود. سپس پروتکل موردنظر به مدت ۸ هفته اجرا شد. به آزمودنی‌ها تأکید شد که طی این مدت عادات‌های غذایی و رفتاری خود از جمله خوابیدن و برنامه‌های معمول روزانه را تغییر ندهند و هر گونه مشکل جسمانی یا بیماری را به‌سرعت با محققان در میان بگذارند. در نهایت اندازه‌گیری‌های مرحله پیش‌آزمون شامل قد و وزن به‌عمل آمد و خون‌گیری در مرحله پیش‌آزمون اجرا شد و متعاقب آن مداخله تمرین ورزشی به مدت هشت هفته اجرا شد.

برنامه تمرین مقاومتی دایره‌ای

پژوهش حاضر با دو گروه اجرا شد: کنترل و تمرین مقاومتی دایره‌ای. از همه آزمودنی‌ها خواسته شد تا از شرکت در هر گونه برنامه تمرینی و فعالیت ورزشی خاص در خارج از چارچوب تعیین شده طی ۸ هفته خودداری کنند. آزمودنی‌های گروه تمرین در دو جلسه آشناسازی با تکنیک بلند کردن وزنه و همچنین آشنایی با تجهیزات و دستگاه‌های مورد استفاده شرکت کردند. برنامه تمرین مقاومتی دایره‌ای هشت هفته‌ای با سه جلسه تمرین در هفته اجرا شد که هر جلسه حدود ۴۵ دقیقه به طول می‌انجامید. هر جلسه مشتمل بر حرکات زیر بود: پرس بالا سینه، پرس پا، دوسر بازویی، جلو پا (چهار سر)، پرس سینه، پشت پا، سه سر، دوقلو و پارویی نشسته. این پروتکل در سه چرخه (دایره) انجام گرفت و آزمودنی‌ها بین هر چرخه ۱ دقیقه استراحت کردند. شدت تمرین در چهار هفته نخست ۵۰ درصد IRM و در چهار هفته دوم برابر با ۶۰ درصد IRM بود. استراحت بین حرکات نیز کمتر از ۳۰ ثانیه بود که به جابه‌جایی آزمودنی‌ها بین ایستگاه‌ها اختصاص داشت. آزمودنی در هر کدام از ایستگاه‌ها به مدت ۲۵ ثانیه فعالیت می‌کرد و تعداد تکرارها برای هر ایستگاه هشت تکرار در نظر گرفته شده بود. قبل و بعد از جلسه تمرین ورزشی نیز به ترتیب گرم کردن و سرد کردن اجرا می‌شد. تمامی جلسات تمرین ورزشی زیر نظر دو فیزیولوژیست ورزشی اجرا شد. در پژوهش حاضر، روش اجرای برنامه تمرین مقاومتی دایره‌ای، شدت تمرین در جلسات مختلف، حرکات ورزشی در نظر گرفته شده برای جلسه تمرین و همچنین مدت زمان استراحت بین چرخه‌ها در پروتکل تمرینی، براساس مطالعات پیشین تعیین و از مطالعات پژوهشی مشابه در این زمینه اقتباس شد (۲۰-۲۲).

سنجش متغیرهای مورد بررسی

پس از دسته‌بندی آزمودنی‌ها در گروه کنترل و تمرین، خون‌گیری در مرحله پیش‌آزمون انجام گرفت. به منظور خون‌گیری از آزمودنی‌های خواسته شده بود که پس از ۱۲ ساعت ناشتایی شبانه به آزمایشگاه مراجعه کنند، شب قبل از خون‌گیری خواب کافی داشته باشند و دو روز قبل از خون‌گیری به فعالیت سنگین ورزشی یا جسمانی نپردازند. از هر آزمودنی ۷ میلی‌لیتر خون در وضعیت نشسته و حالت استراحت از ورید قدامی دست راست گرفته شد. خون‌گیری در هر دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون بین ساعت ۸ تا ۹ و توسط فرد متخصص انجام گرفت.

بعد از خون‌گیری و سنجش متغیرهای مورد بررسی در مرحله پیش‌آزمون، پروتکل پژوهشی به مدت ۸ هفته اجرا شد و مجدداً با پایان دوره پژوهش و با گذشت ۴۸ ساعت از آخرین جلسه تمرین ورزشی

به منظور از بین رفتن تأثیرات حاد جلسه آخر تمرین، دوباره از همه آزمودنی‌ها با همان شرایط ارائه شده در مورد خون‌گیری مرحله پیش‌آزمون، خون‌گیری و اندازه‌گیری‌های مربوطه به عمل آمد. در هر دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون، بلافاصله پس از خون‌گیری، نمونه‌های خونی داخل لوله لخته ریخته شد و بعد از لخته شدن نمونه‌های خونی، در داخل دستگاه سانتریفیوژ قرار داده شدند و سپس نمونه‌ها با دور ۳۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. پس از این مدت زمان، لوله‌ها از دستگاه خارج و سرم جدا شد و در نهایت در فریزر با دمای -80°C درجه سانتی‌گراد تا زمان انجام آزمایش‌های مربوطه نگهداری شد.

برای اندازه‌گیری سطوح سرمی IL-15 از کیت الیازی شرکت Elabscience با شماره کاتالوگ E-EL-H0222 و اندازه‌گیری سطوح سرمی IGF-1 از کیت الیازی شرکت Elabscience با شماره کاتالوگ E-EL-H0087 استفاده شد. تمامی اندازه‌گیری‌ها با کیت الیازا مطابق با دستورالعمل شرکت سازنده انجام گرفت. اندازه‌گیری سطوح سرمی IGF-1 نیز به روش کمی لومینسانس (CLIA) انجام گرفت. مقادیر گلوکز خون نیز با کیت شرکت پارس آزمون به روش گلوکز اکسیداز اندازه‌گیری شد و سطوح انسولین به روش الیازا و با استفاده از کیت الیازی demeditec (DE2935) با حساسیت $1.76 \mu\text{IU/ml}$ اندازه‌گیری شد. به منظور محاسبه مقاومت انسولین نیز از فرمول زیر استفاده شد:

$$\text{مقاومت به انسولین (HOMA-IR): انسولین (mU/L) * گلوکز (mmol/L) / 40.5}$$

اندازه‌گیری درصد چربی بدن نیز با دستگاه آنالیزر ترکیب بدن BOCA-X1 ساخت کره جنوبی انجام گرفت. به منظور اندازه‌گیری درصد چربی بدن از آزمودنی‌ها خواسته شد تا روز قبل از تست‌گیری از فعالیت ورزشی سنگین خودداری کنند و شش ساعت قبل از آزمون از مصرف مواد خوراکی اجتناب ورزند. اندازه‌گیری درصد چربی بدن با حداقل پوشش و در حالی انجام گرفت که آزمودنی هیچ شیء فلزی با خود همراه نداشت.

روش‌های آماری تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل یافته‌های حاضر با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ انجام گرفت. همه یافته‌های گزارش شده در تحقیق به صورت میانگین \pm انحراف معیار است. نخست برای تعیین چگونگی توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد. بنابراین، از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر، برای تعیین معناداری تفاوت بین گروه‌های پژوهشی استفاده شد، تغییرات درون‌گروهی نیز با آزمون t زوجی بررسی شد. سطح معناداری نیز $P < 0.05$ در نظر گرفته شد.

نتایج

در جدول ۱، سطوح سرمی IL-15، IGF-I، IGFBP3، گلوکز، انسولین، مقاومت به انسولین (HOMA-IR)، شاخص توده بدن (BMI) و درصد چربی بدن آزمودنی‌ها در دو گروه کنترل و تمرین مقاومتی دایره‌ای در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون به‌صورت میانگین \pm انحراف استاندارد گزارش شده است. نتایج حاضر نشان داد که پس از ۸ هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای، تغییرات در سطوح IGF-I، IGFBP3 و HOMA-IR بین دو گروه کنترل و تمرین مقاومتی دایره‌ای از نظر آماری معنادار نبوده است. با وجود این، مقدار BMI ($P < 0/001$) و درصد چربی بدن ($P = 0/003$) در گروه تمرین مقاومتی دایره‌ای نسبت به گروه کنترل کاهش معناداری را نشان داد. تجزیه و تحلیل داده‌های IL-15 با آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان داد که اختلاف معناداری بین گروه کنترل و تمرین مقاومتی دایره‌ای وجود ندارد ($F = 3/415$ ، $P = 0/080$). علاوه بر این، تغییرات درون‌گروهی IL-15 در گروه کنترل ($P = 0/508$) و تمرین مقاومتی دایره‌ای ($P = 0/103$) معنادار نبود. نتایج حاضر نشان داد که سطوح IL-15 در گروه کنترل به مقدار ۵/۹ درصد و در گروه تمرین مقاومتی دایره‌ای نیز ۲۰/۱۱ درصد در مرحله پس‌آزمون نسبت به مرحله پیش‌آزمون افزایش یافته است.

جدول ۱. سطوح متغیرهای مورد بررسی (یافته‌ها به‌صورت میانگین \pm انحراف استاندارد گزارش شده است).

معناداری	گروه تمرین	گروه کنترل	گروه‌های پژوهشی	
			متغیر	متغیر
p=0/080	۱/۷۹ \pm ۱/۰۶	۱/۸۶ \pm ۰/۷۷	پیش‌آزمون	IL-15 (pg/ml)
	۲/۱۵ \pm ۱/۱۵	۱/۹۷ \pm ۰/۷۰	پس‌آزمون	
	۲۰/۱۱	۵/۹۱	درصد تغییرات	P درون‌گروهی
	۰/۱۰۳	۰/۵۰۸		
p=0/057	۱۴۱/۱ \pm ۳۹/۵۳	۱۵۹/۸۷ \pm ۳۵/۳۹	پیش‌آزمون	IGF-I (ng/ml)
	۱۵۰/۳۴ \pm ۳۰/۰۳	۱۶۵/۱۸ \pm ۲۸/۸۶	پس‌آزمون	
	۶/۵۴	۳/۳۲	درصد تغییرات	P درون‌گروهی
	۰/۱۴۶	۰/۲۶۰		

ادامه جدول ۱. سطوح متغیرهای مورد بررسی (یافته‌ها به صورت میانگین \pm انحراف استاندارد گزارش شده است).

معناداری	گروه تمرین	گروه کنترل	گروه‌های پژوهشی متغیر
p=۰/۹۸۷ F=۰/۰۰۰	۴۳۷۵/۸ \pm ۷۳۷/۶۹	۴۲۱۶/۴ \pm ۶۷/۴۴	پیش‌آزمون IGFBP3
	۴۲۹۵/۸ \pm ۵۴۷/۴۰	۴۲۹۸/۵ \pm ۶۶۸/۳۳	پس‌آزمون (ng/ml)
	-۱/۸۲	۱/۹۴	درصد تغییرات
	۰/۴۷۲	۰/۱۸۳	p درون گروهی
p=۰/۱۵۸ F=۲/۱۶۵	۸۹/۱ \pm ۶/۷۸	۹۳/۲ \pm ۸/۴۳	پیش‌آزمون گلوکز (mg/dl)
	۸۷/۹ \pm ۴/۷۹	۹۱/۵ \pm ۶/۰۴	پس‌آزمون
	-۱/۳۴	-۱/۸۲	درصد تغییرات
	۰/۳۷۹	۰/۳۰۱	p درون گروهی
p=۰/۳۶۵ F=۰/۱۸۶۱	۷/۲۶ \pm ۱/۰۴	۶/۹۹ \pm ۰/۱۸۸	پیش‌آزمون انسولین (mU/ml)
	۶/۵۲ \pm ۱/۶۹	۶/۶۴ \pm ۰/۹۵	پس‌آزمون
	-۱۰/۱۹	-۵/۰۰	درصد تغییرات
	# ۰/۰۰۷	۰/۰۷۲	p درون گروهی
p=۰/۴۷۵ F=۰/۵۳۱	۱/۵۹ \pm ۰/۲۹	۱/۶۰ \pm ۰/۲۷	پیش‌آزمون HOMA-IR
	۱/۴۱ \pm ۰/۱۷	۱/۵۰ \pm ۰/۲۷	پس‌آزمون
	-۱۱/۳۲	-۶/۲۵	درصد تغییرات
	# ۰/۰۱۹	۰/۰۷۷	p درون گروهی
* P < ۰/۰۰۱ F=۲۷/۴۴۸	۲۶/۰۸ \pm ۰/۶۶	۲۶/۵۵ \pm ۱/۲۲	پیش‌آزمون BMI (kg/m ²)
	۲۵/۶۶ \pm ۰/۶۶	۲۶/۴۵ \pm ۱/۲۳	پس‌آزمون
	-۱/۶۱	-۰/۳۷	درصد تغییرات
	# < ۰/۰۰۱	# ۰/۰۴۷	p درون گروهی
*P=۰/۰۰۱ F=۱۶/۱۴۵	۲۵/۳۶ \pm ۱/۸۰	۲۶/۳۱ \pm ۲/۱۰	پیش‌آزمون درصد چربی بدن
	۲۴/۳۱ \pm ۱/۷۷	۲۶/۱۴ \pm ۲/۲۷	پس‌آزمون
	-۴/۱۴	-۰/۶۴	درصد تغییرات
	# < ۰/۰۰۱	۰/۳۰۷	p درون گروهی

*نشانه کاهش معنادار در مقایسه با گروه کنترل. # نشانه کاهش معنادار در مقایسه با پیش‌آزمون

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر ۸ هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای بر سطوح IL-15، IGF-I و IGFBP3 در مردان جوان دارای اضافه‌وزن صورت گرفت. یافته‌های اصلی مطالعه حاضر این بود که ۸ هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای تأثیر معناداری بر سطوح IL-15، IGF-I و IGFBP3 در مردان دارای اضافه‌وزن ندارد. با وجود این، کاهش معنادار درصد چربی بدن، BMI و HOMA-IR در گروه تمرین مقاومتی دایره‌ای مشاهده شد. اگرچه تغییر معنادار سطوح IL-15 پس از ۸ هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای مشاهده نشد، IL-15 در گروه تمرین‌کرده در پایان مداخله هشت‌هفته‌ای به مقدار ۲۰/۱۱ درصد افزایش یافت که از منظر فیزیولوژیک و بالینی می‌تواند حائز اهمیت باشد.

سطوح IL-15 با فعالیت جسمانی، چاقی و افزایش سن دستخوش تغییر می‌شود (۷). نتایج مطالعات صورت‌گرفته در مورد تأثیر انواع مختلف تمرینات ورزشی بر سطوح IL-15 ضدونقیض است و محققان عدم تغییر (۲۳)، افزایش (۲۴) و حتی کاهش (۱۶) IL-15 را در پی شرکت در تمرینات ورزشی گزارش کرده‌اند. با اینکه نتایج در خصوص تأثیر یک دوره تمرین ورزشی بر سطوح IL-15 ضدونقیض است، بیشتر مطالعات صورت‌گرفته، افزایش IL-15 را بلافاصله بعد از جلسه فعالیت ورزشی نشان داده‌اند (۲۶، ۲۵) و گزارش شده است که بین پاسخ IL-15 به فعالیت ورزشی در افراد غیرفعال و تمرین‌کرده تفاوتی وجود ندارد (۲۷). نخ زری و همکاران (۲۰۱۱) همسو با یافته‌های حاضر، عدم تغییر معنادار سطوح IL-15 را بعد از ۸ هفته تمرین مقاومتی در مردان غیرفعال نشان دادند و عنوان کردند که احتمالاً افزایش قدرت مشاهده‌شده در این آزمودنی‌ها ناشی از سازگاری‌های دیگری غیر از تنظیم افزایشی سطوح IL-15 است که از آن جمله می‌توان به سازگاری‌های بیوشیمیایی و عصبی-عضلانی اشاره کرد (۲۳). در پژوهشی دیگر، ریچمن^۱ و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که حتی ۱۰ هفته تمرین مقاومتی (۱۳ حرکت و هر حرکت در سه ست ۱۰-۶ تکراری، ۳ جلسه در هفته) با شدت ۸۰ درصد 1RM تأثیری بر سطوح IL-15 پلاسمایی ندارد (۲۷). بنابراین، نمی‌توان عدم تغییر معنادار سطوح IL-15 به‌دنبال تمرین مقاومتی دایره‌ای را به عواملی مانند شدت، مدت و حجم برنامه تمرین مقاومتی نسبت داد و احتمالاً سازوکارهای دیگری غیر از تنظیم افزایشی سطوح IL-15 گردش خون مسئول سازگاری‌های ناشی از تمرین مقاومتی باشند.

با توجه به مطالعات مطرح شده در این بخش، می‌توان یکی از دلایل اصلی عدم تغییرات معنادار در سطوح IL-15 گردش خون در پی تمرینات ورزشی را با تغییرات موضعی IL-15 از جمله در بافت عضلانی مرتبط دانست که متأسفانه در پژوهش حاضر به دلیل محدودیت‌های روش‌شناختی بررسی نشده است. در واقع، تأثیرات مثبت تمرین ورزشی به واسطه تغییرات در سطوح IL-15 ممکن است که تا حدود زیادی محدود به عضله اسکلتی باشد. در تأیید این فرضیه، رینو و همکاران (۲۰۱۳) دریافتند که حتی دوره‌های طولانی مدت تمرین استقامتی به صورت رکاب زدن روی ارگومتر (۱۲ هفته، ۵ جلسه در هفته) تأثیری بر سطوح پلاسمایی IL-15 و حتی بیان آن در عضله اسکلتی ندارد. در مقابل، افزایش معنادار پروتئین IL-15 را در عضله اسکلتی نشان دادند (۱۷). به نظر می‌رسد که تغییرات در سطوح IL-15 بافت عضلانی به دنبال تمرینات ورزشی بسته به عضله مورد بررسی متفاوت است. در این خصوص در پژوهشی روی نمونه‌های حیوانی مشاهده شد که ۱۲ هفته تمرین استقامتی با وجود افزایش معنادار IL-15 در عضله نعلی، تأثیری بر سطوح IL-15 در عضله دوقلو ندارد (۲۸).

در تأیید یافته‌های حاضر در مورد عدم تغییر معنادار سطوح IL-15 و IGF-I به دنبال تمرینات مقاومتی دایره‌ای، پیری و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که ۸ هفته تمرین ورزشی مقاومتی، استقامتی یا ترکیبی در دختران نوجوان با تغییر معناداری در سطوح IL-15 و IGF-I در مقایسه با گروه کنترل همراه نیست (۱۵). با وجود این، بررسی تغییرات درون‌گروهی نشان‌دهنده افزایش معنادار سطوح IL-15 در گروه تمرین مقاومتی بود که عدم همسویی با یافته‌های حاضر را می‌توان به نوع متفاوت برنامه تمرین ورزشی (مقاومتی در مقابل مقاومتی دایره‌ای) و همچنین سن (نوجوان در مقابل مردان بالغ)، جنس (زن در مقایسه با مرد) و وضعیت متفاوت آزمودنی‌ها (دارای وزن طبیعی در مقایسه با افراد دارای اضافه‌وزن) در مقایسه با پژوهش حاضر نسبت داد. نوشیدا و همکاران (۲۰۱۰) نیز همسو با پژوهش حاضر، عدم تغییر سطوح IGFBP-3 را پس از ۶ هفته تمرین هوازی کم شدت روی دوچرخه ثابت نشان دادند. با وجود این، برخلاف یافته‌های حاضر گزارش کردند که ۶ هفته تمرین هوازی با کاهش معنادار سطوح IGF-I همراه بوده است که محققان کاهش سطوح IGF-I را به تنظیم افزایشی سطوح IGFBP-1 و یک پاسخ سازشی به منظور مقابله با هیپوگلیسمی ناشی از تمرین ورزشی نسبت دادند (۲۹). متأسفانه در مطالعه حاضر، تغییرات در سطوح IGFBP-1 بررسی نشده است. در مورد تأثیر تمرینات مقاومتی بر سطوح متغیرهای حاضر، برخی محققان

1. Rinnov
2. Nishida

عنوان کرده‌اند که حتی دوره‌های طولانی مدت تمرین مقاومتی نیز تأثیری بر سطوح IGF-I و IGF-3 ندارد (۳۰). اگرچه در مورد تعامل و ارتباط بین IL-15 با IGF-I و IGF-3 اطلاع زیادی در دست نیست، به نظر می‌رسد که IL-15 و IGF-I هر دو می‌توانند از طریق مسیرهای مشابه و همچنین مختلف بر رشد عضله اسکلتی تأثیرگذار باشند (۱۱) که چگونگی این تعامل در پی تمرینات ورزشی نیازمند بررسی بیشتر است.

یکی دیگر از یافته‌های پژوهش حاضر، کاهش معنادار مقاومت به انسولین (HOMA-IR) در گروه تمرین مقاومتی دایره‌ای بود. اگرچه گزارش شده است که IL-15 می‌تواند از طریق مسیرهای پیام‌رسانی Jak3/STAT3 به افزایش برداشت گلوکز توسط عضلات اسکلتی و در نتیجه بهبود متابولیسم گلوکز و کاهش مقاومت به انسولین منجر شود (۳۱) و برخی مطالعات تأثیر القای IL-15 در بهبود معنادار حساسیت انسولین را نشان داده‌اند و بر همین اساس IL-15 به‌عنوان یک هدف درمانی برای چاقی و اختلالات وابسته به آن از جمله مقاومت به انسولین مطرح شده است (۳)، نتایج حاضر نشان داد که نقش تمرین مقاومتی دایره‌ای در کاهش HOMA-IR می‌تواند مستقل از تغییرات معنادار در سطوح سرمی IL-15 اتفاق بیفتد که با توجه به نقش کاهش وزن و کمتر شدن توده چربی در افزایش حساسیت انسولین (۳۲)، می‌توان یافته‌های حاضر در زمینه نقش تمرین مقاومتی دایره‌ای در کاهش HOMA-IR را با کاهش درصد چربی بدن آزمودنی‌ها مرتبط دانست. البته با توجه به یافته‌های قبلی مبنی بر افزایش سطوح IL-15 در بافت عضلانی در پی تمرینات ورزشی، می‌توان بخشی از بهبود مشاهده‌شده در مقاومت انسولین را به تغییرات این میوکین در بافت عضلانی نسبت داد که تأیید این ادعا منوط به اجرای مطالعات بیشتر و بررسی تأثیر تمرین مقاومتی دایره‌ای بر سطوح IL-15 در بافت عضلانی است. اگرچه مطالعات قبلی نشان داده‌اند که یک جلسه تمرین مقاومتی می‌تواند بیان IL-15 را تا ۲۴ ساعت پس از فعالیت ورزشی به صورت معناداری افزایش دهد (۱۲)، تأثیر یک دوره تمرین ورزشی مقاومتی بر سطوح IL-15 در بافت عضلانی نامشخص است.

برخی محققان نیز عنوان کرده‌اند که سطوح IL-15 در پاسخ به عوامل مختلف از جمله وضعیت‌های تغذیه‌ای نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۲۷) که متأسفانه در پژوهش حاضر به صورت دقیق کنترل نشده است و باید در مطالعات آتی به آن توجه شود. در مجموع، بیشتر محققان عنوان کرده‌اند که فعالیت ورزشی مقاومتی، محرک کافی و مؤثر برای تنظیم افزایشی تولید IL-15 است (۲۶). با وجود این، یافته‌های حاضر و مطالعات ارائه‌شده در این بخش بر این واقعیت تأکید دارد که انواع مختلف تمرینات ورزشی از

جمله تمرین مقاومتی دایره‌ای حداقل در کوتاه‌مدت تأثیر معناداری بر سطوح IL-15 ندارد. با این همه، عدم تغییر معنادار سطوح سرمی IL-15 در پژوهش حاضر به معنای عدم تغییر سطوح و بیان این سایتوکاین در بافت‌های مختلف بدن از جمله عضلات اسکلتی نیست و اظهارنظر قطعی در این زمینه نیازمند مطالعات بیشتر و بررسی تغییرات سطوح IL-15 در بافت‌های مختلف بدن است.

منابع و مآخذ

1. Bonecchi R, Garlanda C, Mantovani A, Riva F. Cytokine decoy and scavenger receptors as key regulators of immunity and inflammation. *Cytokine*. 2016;87:37-45.
2. Heled Y, Fleischmann C, Epstein Y. Cytokines and their role in hyperthermia and heat stroke. *Journal of basic and clinical physiology and pharmacology*. 2013;24(2):85-96.
3. Ye J. Beneficial metabolic activities of inflammatory cytokine interleukin 15 in obesity and type 2 diabetes. *Frontiers of medicine*. 2015;9(2):139-45.
4. Patidar M, Yadav N, Dalai SK. Interleukin 15: A key cytokine for immunotherapy. *Cytokine & growth factor reviews*. 2016;31:49-59.
5. Argilés JM, López-Soriano FJ, Busquets S. Therapeutic potential of interleukin-15: a myokine involved in muscle wasting and adiposity. *Drug discovery today*. 2009;14(3-4):208-13.
6. Schnyder S, Handschin C. Skeletal muscle as an endocrine organ: PGC-1 α , myokines and exercise. *Bone*. 2015;80:115-25.
7. Nadeau L, Aguer C. Interleukin-15 as a myokine: mechanistic insight into its effect on skeletal muscle metabolism. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2018;44(3):229-38.
8. Duan Y, Li F, Wang W, Guo Q, Wen C, Li Y, et al. Interleukin-15 in obesity and metabolic dysfunction: current understanding and future perspectives. *Obesity reviews*. 2017;18(10):1147-58.
9. Liu Z, Liang G, Gui L, Li Y, Liu M, Zhang X, et al. Weakened IL-15 production and impaired mTOR activation alter dendritic epidermal T cell homeostasis in diabetic mice. *Scientific reports*. 2017;7(1):6028.
10. Wang Y, Bai Y, Li Y, Liang G, Jiang Y, Liu Z, et al. IL-15 enhances activation and IGF-1 production of dendritic epidermal T cells to promote wound healing in diabetic mice. *Frontiers in immunology*. 2017;8:1557.
11. Quinn LS, Anderson BG, Drivdahl RH, Alvarez B, Argilés JM. Overexpression of interleukin-15 induces skeletal muscle hypertrophy in vitro: implications for treatment of muscle wasting disorders. *Experimental cell research*. 2002;280(1):55-63.
12. Nielsen AR, Mounier R, Plomgaard P, Mortensen OH, Penkowa M, Speersneider T, et al. Expression of interleukin-15 in human skeletal muscle—effect of exercise and muscle fibre type composition. *The Journal of physiology*. 2007;584(1):305-12.

13. Tamura Y, Watanabe K, Kantani T, Hayashi J, Ishida N, Kaneki M. Upregulation of circulating IL-15 by treadmill running in healthy individuals: is IL-15 an endocrine mediator of the beneficial effects of endurance exercise? *Endocrine journal*. 2011;58(3):211-5.
14. Shamsi MM, Hassan ZM, Quinn LS, Gharakhanlou R, Baghersad L, Mahdavi M. Time course of IL-15 expression after acute resistance exercise in trained rats: effect of diabetes and skeletal muscle phenotype. *Endocrine*. 2015;49(2):396-403.
15. Kumaravel S, Hema R, Kamaleshwari A, Yusuf AD, Abu M, Nasir AN, et al. Effect of oven drying on the nutritional properties of whole egg and its components. *Int J Food Sci Nutr*. 2011;1(1):4-12.
16. Christiansen T, Paulsen SK, Bruun JM, Pedersen SB, Richelsen B. Exercise training versus diet-induced weight-loss on metabolic risk factors and inflammatory markers in obese subjects: a 12-week randomized intervention study. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 2010;298(4):E824-E31.
17. Rinnov A, Yfanti C, Nielsen S, Åkerström TC, Peijs L, Zankari A, et al. Endurance training enhances skeletal muscle interleukin-15 in human male subjects. *Endocrine*. 2014;45(2):271-8.
18. Romero-Arenas S, Blazevich AJ, Martínez-Pascual M, Pérez-Gómez J, Luque AJ, López-Román FJ, et al. Effects of high-resistance circuit training in an elderly population. *Experimental gerontology*. 2013;48(3):334-40.
19. Brentano MA, Cadore EL, Da Silva EM, Ambrosini AB, Coertjens M, Petkowicz R, et al. Physiological adaptations to strength and circuit training in postmenopausal women with bone loss. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2008;22(6):1816-25.
20. Ghanbari-Niaki A, Nabatchian S, Hedayati M. Plasma agouti-related protein (AGRP), growth hormone, insulin responses to a single circuit-resistance exercise in male college students. *Peptides*. 2007;28(5):1035-9.
21. Ghanbari-Niaki A, Saghebjo M, Hedayati M. A single session of circuit-resistance exercise effects on human peripheral blood lymphocyte ABCA1 expression and plasma HDL-C level. *Regulatory peptides*. 2011;166(1-3):42-7.
22. Ghanbari-Niaki A, Saeidi A, Ahmadian M, Gharahcholo L, Naghavi N, Fazlzadeh M, et al. The combination of exercise training and *Zataria multiflora* supplementation increase serum irisin levels in postmenopausal women. *Integrative medicine research*. 2018;7(1):44-52.
23. NAKHZAREE KJ, Mogharnasi M, HAGHIGHI A. Investigating the Response and Adaptation of Interleukin-15 to Resistance Training of Untrained Young Men. 2011.
24. Prestes J, Shiguemoto G, Botero JP, Frollini A, Dias R, Leite R, et al. Effects of resistance training on resistin, leptin, cytokines, and muscle force in elderly post-menopausal women. *Journal of sports sciences*. 2009;27(14):1607-15.
25. Pérez-López A, McKendry J, Martin-Rincon M, Morales-Alamo D, Pérez-Köhler B, Valadés D, et al. Skeletal muscle IL-15/IL-15R α and myofibrillar protein synthesis after

-
- resistance exercise. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2018;28(1):116-25.
26. Bazgir B, Salesi M, Koushki M, Amirghofran Z. Effects of eccentric and concentric emphasized resistance exercise on IL-15 serum levels and its relation to inflammatory markers in athletes and non-athletes. *Asian journal of sports medicine*. 2015;6(3).
27. Riechman SE, Balasekaran G, Roth SM, Ferrell RE. Association of interleukin-15 protein and interleukin-15 receptor genetic variation with resistance exercise training responses. *Journal of Applied Physiology*. 2004;97(6):2214-9.
28. Kim H-J, Park JY, Oh SL, Kim Y-A, So B, Seong JK, et al. Effect of treadmill exercise on interleukin-15 expression and glucose tolerance in zucker diabetic fatty rats. *Diabetes & metabolism journal*. 2013;37(5):358-64.
29. Nishida Y, Matsubara T, Tobina T, Shindo M, Tokuyama K, Tanaka K, et al. Effect of low-intensity aerobic exercise on insulin-like growth factor-I and insulin-like growth factor-binding proteins in healthy men. *International journal of endocrinology*. 2010;2010.
30. Schmitz KH, Ahmed RL, Yee D. Effects of a 9-month strength training intervention on insulin, insulin-like growth factor (IGF)-I, IGF-binding protein (IGFBP)-1, and IGFBP-3 in 30–50-year-old women. *Cancer Epidemiology and Prevention Biomarkers*. 2002;11(12):1597-604.
31. Krolopp JE, Thornton SM, Abbott MJ. IL-15 activates the Jak3/STAT3 signaling pathway to mediate glucose uptake in skeletal muscle cells. *Frontiers in physiology*. 2016;7:626.
32. Goossens GH. The role of adipose tissue dysfunction in the pathogenesis of obesity-related insulin resistance. *Physiology & behavior*. 2008;94(2):206-18.

The Effect of 8 Weeks of Circuit Resistance Training on the Levels of Interleukin-15, IGF-I and IGFBP-3 in Overweight Men

Shabnam Bidabadi¹ - Mandana Gholami^{2*} - Nader Shakeri³

1. MSc, Department of Physical Education and Sport Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. 2,3. Assistant Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

(Received:2019/02/18;Accepted:2019/09/21)

Abstract

Interleukin-15 (IL-15) is an important cytokine that is secreted from skeletal muscles in response to exercise and has various effects on different tissues such as muscular tissue. The present study was conducted to investigate the effect of 8 weeks of circuit resistance training on serum levels of IL-15 in young overweight men. 20 overweight young men (BMI: 26.32 ± 0.98 kg.m², age: 27.49 ± 4.14 years, weight: 80.18 ± 4.95 kg) were randomly divided into two control and circuit resistance training groups (each group 10 subjects). Circuit resistance training program was performed for 8 weeks and 3 sessions per week. Each training session consisted of 9 exercises that were performed with 50-60% 1RM. During this period, the subjects in the control group continued their routine daily program. Before and 48 hours after the last training session, 7 ml of blood samples were collected from brachial vein in order to estimate the desired variables (IL-15, IGF-I and IGFBP3). The findings indicated that changes in the levels of IL-15, IGF-I and IGFBP-3 were not statistically significant between the control and circuit resistance training groups ($P > 0.05$). However, body fat percent indicated a significant decrease in the training group compared with the control group ($P = 0.003$). According to these findings, it can be stated that the probable positive effects of circuit resistance training during 8 weeks in overweight young men are mediated by pathways other than the changes in the levels of the studied variables including IL-15.

Keywords

Circuit resistance training, interleukin-15, myokine, overweight.

* Corresponding author: Email: m.gholami@srbiau.ac.ir ; Tel: +989121491868