



اثر تمرینات مقاومتی، استقامتی و ترکیبی بر بیان ژن اینترلوکین شش در عضله نعلی

موش‌های نر نژاد ویستار

علی اکبر آجقلی^۱، طاهره باقرپور^{۲*}، نعمت‌الله نعمتی^۳

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران.

۲- استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران.

۳- دانشیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۱۴، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۲۵

چکیده

مقدمه: با توجه به تمرکز تحقیقات گذشته بر سایتوکاین‌ها، هدف مطالعه حاضر تعیین اثر تمرینات مقاومتی، استقامتی و ترکیبی بر بیان ژن اینترلوکین ۶ در بافت ماهیچه کند انقباض (عضله نعلی) موش‌های نر نژاد ویستار بود.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه، تعداد ۴۰ سر موش نر دو ماهه نژاد ویستار تهیه و در چهار گروه ۱۰ تایی (کنترل، تمرین مقاومتی، تمرین استقامتی و تمرین ترکیبی) مورد مطالعه قرار گرفتند. سپس هشت هفته پروتکل‌های تمرینی اعمال گردید. به‌منظور بررسی میزان بیان ژن یا mRNA پروتئین‌های موردنظر از روش Real Time-PCR استفاده شد. برای آزمون طبیعی بودن توزیع متغیرها از آزمون شاپیرو-ویلک و برای آزمون تجانس واریانس متغیرها از آزمون لوین استفاده شد. به‌منظور تعیین معناداری اختلاف بین گروه‌ها از آزمون تجزیه و تحلیل واریانس یک طرفه در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد. تمام مراحل تجزیه و تحلیل آماری با نرم‌افزار SPSS انجام شد.

نتایج: یافته‌های این پژوهش نشان داد که موش‌های گروه کنترل بعد از هشت هفته افزایش وزن بیش از ۶۰٪ را تجربه کردند که به‌طور معناداری نسبت به موش‌های گروه‌های تجربی (کمتر از ۵۰٪) بیشتر است. همچنین در خصوص فاکتور بیان ژن اینترلوکین شش گروه‌های تجربی در مقایسه با گروه کنترل کاهش معناداری نشان داد ($P=۰/۰۰۱$). علاوه بر این یافته‌های تحقیق نشان داد تفاوت مشاهده شده بین اثر کاهشی تمرین مقاومتی و تمرین ترکیبی و نیز اثر کاهشی تمرین استقامتی با تمرین ترکیبی بر بیان ژن اینترلوکین شش معنادار می‌باشد ($P>۰/۰۰۵$). لیکن تفاوت بین تمرینات مقاومتی و استقامتی معنادار نبود ($P=۰۰۱$).

نتیجه‌گیری: یافته‌های این پژوهش نشان داد که اجرای تمرینات مقاومتی، استقامتی و ترکیبی می‌تواند افزایش وزنی که همراه افزایش سن در موش‌ها اتفاق می‌افتد را کاهش دهد. همچنین یافته‌ای پژوهش در خصوص بیان ژن اینترلوکین شش نشانگر کاهش معنادار بیان ژن پس از اجرای تمرینات فوق بود. لذا می‌توان برای جلوگیری از افزایش وزن ناشی از سن و نیز کاهش استرس اکسیداتیو در موش‌ها از تمرینات ترکیبی استفاده کرد و با اجرای تحقیقات بعدی در این زمینه، نهایتاً یافته‌های پژوهش را برای نمونه‌های انسانی به کار برد.

واژه‌های کلیدی: عضله نعلی، تمرینات ترکیبی، اینترلوکین شش.

*نویسنده مسئول: گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران، تلفن: ۰۹۱۲۶۴۳۹۷۱۲، نمابر: ۰۰۰۰، Email: bagherpoor-ta@yahoo.com

ارجاع: آجقلی علی اکبر، باقرپور طاهره، نعمتی نعمت‌الله. اثر تمرینات مقاومتی، استقامتی و ترکیبی بر بیان ژن اینترلوکین شش در عضله نعلی موش‌های نر نژاد ویستار. مجله دانش و تندرستی در علوم پایه پزشکی ۲۰(۴): ۲۶-۳۳.



مقدمه

التهاب پاسخی فیزیولوژیک به محرک‌های گوناگون مثل عفونت، جراحات بافتی و ترومای بدنی است. پاسخ سیستمیک که به‌عنوان پاسخ مرحله‌ی حاد نیز شناخته می‌شود، شامل تولید تعداد زیادی از پروتئین‌های مرحله‌ی حاد نظیر اینترلوکین شش است که به‌عنوان شاخص التهاب سیستمی، شناخته می‌شود. اینترلوکین شش یک علامت خطر سیستمیک است که اساساً توسط هر بافت آسیب دیده تولید می‌شود. افزایش اینترلوکین شش پلاسما پس از ورزش شدید و طولانی مدت هم دیده شده و در برخی پژوهش‌ها گزارش شده است (۱ و ۲). اینترلوکین شش در عضله‌ی اسکلتی، متابولیسم کربوهیدرات و لیپید را تنظیم کرده و باعث افزایش تکثیر سلول‌های ماهواره‌ای می‌شود (۳). با توجه به یافته‌های تحقیقات قبلی احتمال می‌رود رهایش اینترلوکین شش از عضلات در حال انقباض و در پی آن تجمع در گردش عمومی رابطه‌ی نزدیکی با مدت ورزش دارد. به هنگام ورزش بلند مدت، سطح گلیکوژن عضلات اسکلتی در حال انقباض کاهش می‌یابد. بنابراین فرض بر این است که به هنگام ورزش بلند مدت و در پاسخ به بحران انرژی و به ویژه کاهش در ذخایر گلیکوژن تارهای عضله و میوفیبریل‌های در حال انقباض، رهایش اینترلوکین شش از عضلات اسکلتی رخ می‌دهد (۴).

فعالیت بدنی حاد همراه با پاسخ‌هایی است که مشابهت قابل ملاحظه‌ای با بسیاری از پاسخ‌های ناشی از عفونت و التهاب دارد. افزایش قابل توجه در تعداد لکوسیت‌های در گردش (عمدتاً در لنفوسیت‌ها و نوتروفیل‌ها)، اندازه و مقدار آن که مرتبط با شدت و مدت تمرین است. همچنین افزایش در غلظت مواد مختلف پلاسما که عملکرد لکوسیت‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند مانند سایتوکاین‌های التهابی از قبیل اینترفرون آلفا، فاکتور نکروز توموری، اینترلوکین‌های یک و دو و شش، پروتئین‌های مرحله حاد مشابه، پروتئین واکنشگر سی وجود دارد (۵ و ۶). تولید سایتوکاین‌ها در طی ورزش به‌وسیله تعدادی از عوامل دیگر نیز متأثر می‌شود (۷). تجزیه گلیکوژن عضله و کلسیم دو عامل مهم هستند که تولید سایتوکاین‌ها را درون عضله اسکلتی طی ورزش تنظیم می‌کنند (۸). همچنین به نظر می‌رسد اینترلوکین شش یک علامت خطر سیستمیک است که اساساً توسط هر بافت آسیب دیده تولید می‌شود. افزایش اینترلوکین شش پلاسما همچنین پس از ورزش شدید و طولانی مدت هم دیده شده و در برخی پژوهش‌ها گزارش شده است. اینترلوکین شش در عضله‌ی اسکلتی متابولیسم کربوهیدرات و لیپید را تنظیم کرده و باعث افزایش تکثیر سلول‌های ماهواره‌ای می‌شود (۹ و ۱۰). به نظر می‌رسد رهایش اینترلوکین شش از عضلات در حال انقباض و در پی آن تجمع در گردش عمومی رابطه‌ی نزدیکی با مدت ورزش دارد. به هنگام ورزش بلند

مدت سطح گلیکوژن عضلات اسکلتی در حال انقباض کاهش می‌یابد. بنابراین فرض بر این است که به هنگام ورزش بلند مدت و در پاسخ به بحران انرژی و به ویژه کاهش در ذخایر گلیکوژن عضله و میوفیبریل‌های در حال انقباض، رهایش اینترلوکین شش از عضلات اسکلتی رخ می‌دهد. با کاهش گلیکوژن عضله، وابستگی عضلات در حال انقباض به گلوکز خون به‌عنوان منبع انرژی افزایش می‌یابد. بنابراین رهایش اینترلوکین شش از عضلات در حال انقباض ممکن است پیامی به کبد برای افزایش تولید گلوکز باشد تا از افت گلوکز خون ناشی از ورزش جلوگیری کند (۵).

با مرور مطالعات صورت گرفته در خصوص آثار تمرینات ورزشی بر شاخص‌های التهابی مشخص شد که اثرات تمرینات مقاومتی و استقامتی به‌صورت جداگانه بر شاخص‌های التهابی بررسی شده که همین مطالعات هم نتایج متناقضی گزارش کرده‌اند (۱۱ و ۱۲). در حالی که به نظر می‌رسد آثار اجرای ترکیبی تمرینات مقاومتی و استقامتی بر سایتوکاین‌های پیش التهابی بیشتر باشد. با توجه به اهمیت موضوع سایتوکاین‌ها و نیز نتایج متناقض مطالعات صورت گرفته و عدم مطالعه‌ی جامع در این زمینه، هدف این مطالعه تعیین اثر تمرینات مقاومتی، استقامتی و ترکیبی بر بیان ژن اینترلوکین شش در عضله نعلی موش‌های نر نژاد ویستار بود.

مواد و روش‌ها

روش تحقیق حاضر تجربی و از نظر هدف کاربردی بود که با طرح تحقیق پیش آزمون- پس آزمون و با سه گروه تمرینی و یک گروه کنترل انجام شد. نمونه‌های این تحقیق تعداد ۴۰ سر موش نر دو ماهه نژاد ویستار تهیه شده از مرکز تحقیقات حیوانات آزمایشگاهی دانشگاه سمنان بود. موش‌ها پس از انتخاب و خرید به مرکز مطالعه‌ی حیوانات منتقل شده و با هدف آشنایی و سازگاری با محیط زندگی، شرایط تغذیه‌ای و تمرینی دو هفته در محل موردنظر نگهداری شده و سپس در چهار گروه ۱۰ راسی (کنترل، تمرین مقاومتی، تمرین استقامتی و تمرین ترکیبی) مورد مطالعه قرار گرفتند. پس از اتمام دوره سازگاری و اجرای آزمون‌های اولیه، گروه‌های تجربی به مدت هشت هفته پروتکل‌های تمرینی استاندارد را اجرا کردند. همه حیوانات ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین و پس از ۱۲ ساعت ناشتایی، طبق برنامه از پیش تعیین شده و با استفاده از شیوه مناسب در دستگاه دسیکاتور بیهوش، کشته و جراحی شدند. برای بررسی میزان بیان ژن یا mRNA پروتئین‌های موردنظر از روش Real Time-PCR استفاده شد. پس از آن به مدت ۱۵ دقیقه درون سانتریفیوژ در دمای چهار درجه سانتی‌گراد و با دور ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه قرار داده شده و در انتها و پس از خروج آرام میکروتیوب‌ها از سانتریفیوژ مایع‌رویی دور ریخته شده و رسوب باقیمانده که همان RNA هدف است با ۱۰۰۰ میکرولیتر از الکل ۷۰ درصد توسط سمپلر ترکیب می‌شود.

عصر روز جمعه (ساعت ۴ تا ۶) برنامه تمرینات مقاومتی اجرا شد. در دیگر روزها برنامه تمرینی در عصر آن روز بین ساعات ۳ تا ۶ اجرا می‌شد. پروتکل برنامه‌های مقاومتی و استقامتی و گرم کردن و سرد کردن مشابه گروه‌های دیگر بود.

برای بررسی میزان بیان ژن یا mRNA پروتئین‌های موردنظر از روش Real Time-PCR استفاده شد. پس از آن به مدت ۱۵ دقیقه درون سانتریفیوژ در دمای چهار درجه سانتی‌گراد و با دور ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه قرار داده شده و در انتها و پس از خروج آرام میکروتیوب‌ها از سانتریفیوژ مایع‌رویی دور ریخته شده و رسوب باقی‌مانده که همان RNA هدف است با ۱۰۰۰ میکرولیتر از الکل ۷۰ درصد توسط سمپلر ترکیب می‌شود. جهت انجام آزمایشات مولکولی از مواد و کیت‌های زیر استفاده شد: کیت plus-RNX ساخت شرکت سینا ژن، کیت cDNA ساخت شرکت تاکارا ژاپن، کیت Real Time-PCR ساخت شرکت ویراژن (۱۵).

برای آزمون طبیعی بودن توزیع متغیرها از آزمون شاپیرو-ویلک و برای آزمون تجانس واریانس متغیرها از آزمون لوین استفاده شد. میانگین متغیرهای پژوهش در بین گروه‌ها (به‌جز گروه کنترل) با هدف تعیین تفاوت‌های بین گروهی، با استفاده از آزمون تجزیه و تحلیل واریانس یک طرفه مقایسه شد. همچنین آزمون t همبسته برای مقایسه میانگین گروه‌ها در پیش و پس از آزمون استفاده شد. سطح معنی‌داری در کلیه آزمون‌ها $P \leq 0.05$ بود. کلیه مراحل تجزیه و تحلیل آماری در محیط SPSS انجام شد.

نتایج

در جدول ۱، مشخصات توصیفی متغیرهای پژوهش به تفکیک گروه‌های مختلف ارائه شده است. نتایج آزمون‌های آماری شاپیرو-ویلک و لوین نشان داد که متغیرهای پژوهش دارای شرط طبیعی بودن توزیع و برابری واریانس‌ها هستند.

نتایج آزمون آماری تجزیه و تحلیل واریانس یک طرفه نشان داد که میانگین وزن بدن در پیش آزمون در بین گروه‌های پژوهشی مختلف تفاوت معنی‌داری نداشت [$F(3,36) = 0.308$ و $P = 0.82$]. در حالی که تفاوت معنی‌داری بین میانگین وزن بدن در پس آزمون مشاهده شد [$F(3,36) = 40.40$ و $P < 0.001$]. با انجام آزمون تعقیبی توکی مشخص گردید بین میانگین وزن سه گروه مداخله با میانگین وزن گروه کنترل بیشتر تفاوت معنی‌داری وجود دارد به طوری که میانگین وزن گروه کنترل بیشتر از میانگین وزن هر سه گروه مداخله بود ($P < 0.001$). به‌علاوه بین میانگین وزن گروه مقاومتی با گروه‌های استقامتی ($P < 0.001$) و گروه ترکیبی ($P < 0.001$) و همچنین بین میانگین وزن گروه استقامتی با گروه ترکیبی ($P < 0.001$) نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده شد.

تمرینات مقاومتی به مدت ۸ هفته به تعداد ۵ جلسه در هفته در قالب ۳ دوره ۶ تکرار در هر دوره اجرا شد. فواصل استراحتی بین دوره‌ها ۳ دقیقه و فواصل استراحتی بین تکرارها در هر دوره ۴۵ ثانیه بود. کلیه جلسات تمرین در ساعات عصر بین ۳ تا ۶ اجرا شد. پروتکل گرم کردن و سرد کردن مشابه گروه‌های دیگر بود. اعمال مقاومت به‌صورت بستن وزنه به دم موش‌ها معادل درصدهای متفاوتی از وزن بدن در یک سطح شیب دار ثابت ۱۵٪ در طول دوره تمرینی به شرح زیر بود. هفته اول، تکرارها با ۲۰ درصد وزن بدن که هر هفته با ۱۰ درصد اضافه بار وزن بدن تا هفته ی هشتم که تکرارها با ۱۰۰ درصد وزن بدن بود (۱۳).

گروه تمرین استقامتی برای پنج روز در هفته (یکشنبه، دوشنبه، سه‌شنبه، پنج‌شنبه و جمعه) و به مدت هشت هفته در برنامه تمرین استقامتی روی نوارگردان الکترونیکی هوشمند حیوانی شرکت کردند. از آنجا که تحقیق حاضر روی آزمودنی حیوانی انجام شد و امکانات لازم برای تعیین دقیق شدت فعالیت در اختیار نبود، با استفاده از سرعت دویدن روی نوارگردان و شیب آن، میزان شدت فعالیت هوازی کنترل شد. پروتکل تمرینی پژوهش حاضر، بر اساس مطالعه نشیو و همکاران طراحی گردید که با توجه به دسترسی به امکانات لازم، پس از برآورد اکسیژن مصرفی بیشینه موش‌های صحرائی، شدت فعالیت را بر اساس سرعت و شیب نوارگردان برای هر هفته تمرینی مشخص کردند. شیب نوارگردان در سرتاسر دوره تمرین، ۱۵ درصد بود. سرعت نوارگردان نیز از ۲۰ متر بر دقیقه در هفته اول شروع و به ۳۰ متر بر دقیقه در هفته هشتم رسید. مدت زمان تمرین از ۱۰ دقیقه در روز در هفته اول شروع و به ۵۰ دقیقه در روز در هفته هشتم رسید. هر یک از آزمودنی‌ها در ابتدای جلسه تمرین، ۵ دقیقه با سرعت ۱۰ متر در دقیقه و شیب صفر درجه، جهت گرم کردن دویدند. سپس برای رسیدن به شدت تمرین مورد نظر، سرعت و شیب نوارگردان طی ۵ دقیقه به شکل پلکانی افزوده می‌شد. در انتهای برنامه تمرینی، برای سرد کردن آزمودنی‌ها، شیب دستگاه به صفر درجه برگشته و سرعت نیز به آرامی به ۱۰ متر در دقیقه می‌رسید. مدت مرحله سرد کردن در هفته‌های ابتدایی حدود ۵ دقیقه و در هفته‌های پایانی حدود ۱۰ دقیقه طول می‌کشید. کلیه جلسات تمرین در ساعات عصر بین ۳ تا ۶ اجرا شد (۱۴).

گروه تمرین ترکیبی به مدت ۸ هفته و پنج روز در هفته (یکشنبه، دوشنبه، سه‌شنبه، پنج‌شنبه و جمعه) در برنامه تمرین ترکیبی مقاومتی و استقامتی به شرح زیر شرکت داشتند. روزهای یکشنبه و سه‌شنبه و جمعه برنامه تمرینات استقامتی و روزهای دوشنبه و پنج‌شنبه و جمعه برنامه تمرینات مقاومتی اجرا شد. روزهای شنبه و چهارشنبه نیز روز استراحت بود. صبح روز جمعه (ساعت ۹ تا ۱۱) برنامه تمرینات استقامتی و

در جدول ۲ به ترتیب، میانگین و انحراف معیار میزان بیان نسبی ژن اینترلوکین شش در بافت عضله‌های نعلی پا (کند انقباض) موش‌های نر بالغ نژاد ویستار پس از اجرای هشت هفته تمرینات مقاومتی، استقامتی و ترکیبی به تفکیک گروه‌ها ارایه شده است. نتایج آزمون‌های آماری تی تک نمونه در مقایسه میانگین گروه‌ها با گروه کنترل نیز نشان داده شده است. مقایسه گروه‌های تمرینی مختلف با گروه کنترل نشان‌دهنده اثر هشت هفته تمرینات مقاومتی، استقامتی و ترکیبی در تغییرات میزان بیان ژن اینترلوکین شش در بافت عضله نعلی (کند انقباض) پای موش‌های نر بالغ نژاد ویستار است. تفاوت میانگین‌های میزان نسبی بیان ژن اینترلوکین شش در بافت عضله نعلی (کند انقباض) پای موش‌های نر بالغ نژاد ویستار در گروه تمرین مقاومتی با کنترل ($P < 0/001$)، تمرین استقامتی با کنترل ($P < 0/001$) و تمرین ترکیبی با کنترل ($P < 0/001$) معنی‌دار است (جدول ۲).

بیان نسبی ژن اینترلوکین شش در بافت عضله نعلی (کند انقباض) پای موش‌های نر بالغ نژاد ویستار پس از اجرای هشت هفته تمرینات مقاومتی، استقامتی و ترکیبی تفاوت ندارد.

همچنین نتایج آزمون آماری تی زوج نیز نشان داد که تغییرات درون گروهی وزن بدن در گروه‌های کنترل [$t(9) = 52/826$ و $P < 0/001$]، تمرین مقاومتی [$t(9) = 53/880$ و $P < 0/001$]، تمرین استقامتی [$t(9) = 44/133$ و $P < 0/001$] معنی‌دار بود؛ که نشان‌دهنده افزایش وزن بدن به میزان $69/50\%$ درصد در گروه کنترل، $51/35\%$ درصد در گروه تمرین مقاومتی، $40/20\%$ درصد در گروه تمرین استقامتی و $33/90\%$ درصد در گروه تمرین ترکیبی بود.

افزایش طبیعی وزن بدن ناشی از افزایش سن که در گروه کنترل محاسبه شده نشان‌دهنده آن است که عدم انجام فعالیت‌های بدنی، افزایش وزن بیشتری را در مدت هشت هفته باعث شده است؛ در حالی که در گروه‌های تمرینی، افزایش وزن محاسبه شده کم‌تر از گروه کنترل بوده است که این تفاوت معنی‌دار ناشی از اثرات اجرای تمرین در این سه گروه بوده است. بر اساس درصدهای افزایش وزن بدن در گروه‌های تمرینی مشخص می‌شود که حداقل افزایش وزن بدن و بیشترین هزینه انرژی تمرین، مربوط به گروه تمرین ترکیبی بوده و بر این اساس می‌توان اثرات مثبت این گونه تمرینات را مربوط به این متغیر دانست. با این توصیف تمرینات استقامتی در جایگاه بعدی هزینه انرژی قرار داشته و تمرینات مقاومتی از این نظر رتبه بعدی را دارا می‌باشد.

جدول ۱- وزن موش‌ها به تفکیک چهار گروه و نتایج آزمون تجزیه و تحلیل واریانس یکراهه

گروه‌ها	وزن بدن (گرم)		وزن بدن (گرم)	
	میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد
کنترل	۱۷۶/۰۰۰	۳/۳۳۳	۳۹۸/۲۰۰	۵/۲۴۵
گروه تمرین مقاومتی	۱۷۶/۸۰۰	۲/۶۱۶	۲۶۷/۶۰۰	۴/۱۱۵
گروه تمرین استقامتی	۱۷۵/۹۰۰	۳/۲۴۷	۲۴۶/۶۰۰	۴/۴۲۷
گروه تمرین ترکیبی	۱۷۶/۹۰۰	۲/۶۴۳	۳۳۷/۰۰۰	۳/۰۵۵
		$F = 0/001$		$F = 0/004$

جدول ۲- نتایج آزمون t و مقایسه میانگین بیان ژن اینترلوکین شش در گروه کنترل با گروه‌های تجربی

گروه‌ها	میانگین	انحراف استاندارد	تفاوت میانگین‌ها	مقدار t	درجه آزادی	مقدار P
تمرین مقاومتی	۰/۴۶۱	۰/۰۴۱	-۰/۵۳۹	۴۱/۳۵	۹	$P < 0/001$
تمرین استقامتی	۰/۴۸۱	۰/۰۴۷	-۰/۵۱۹	۳۴/۳۸	۹	$P < 0/001$
تمرین ترکیبی	۰/۱۵۳	۰/۰۳۰	-۰/۸۴۷	۸۷/۶۲	۹	$P < 0/001$

جدول ۳- نتایج آزمون آماری تفاوت میانگین‌های بیان نسبی ژن اینترلوکین شش در عضله نعلی موش‌های نر

متغیر	منبع تغییرات	مجموع مجنورات	درجه آزادی	میانگین مجنورات	مقدار F	معنی‌داری
بیان نسبی ژن اینترلوکین شش در بافت عضله نعلی						
بین گروهی		۰/۶۷۶	۲	۰/۳۳۸		
درون گروهی		۰/۰۴۴	۲۷	۰/۰۰۲	۲۰۶/۵۶۶	$P < 0/001$
کل		۰/۷۲۰	۲۹			

ویستار پس از اجرای هشت هفته تمرینات مقاومتی، استقامتی و ترکیبی معنی‌دار است [$F(2,27) = 206/566$ و $P < 0/001$]. نتایج آزمون تکمیلی

همان‌طور که در جدول ۳ دیده می‌شود، تفاوت میانگین‌های متغیر بیان نسبی ژن اینترلوکین شش در بافت عضله نعلی پای موش‌های نر بالغ نژاد

معنی‌دار IL-6 مشاهده گردید ولی در گروه اول نسبت به گروه غیر فعال ارتباطی بین سطح IL-6 در هیچ یک از مقاطع زمانی پس از ورزش و ریکاوری گزارش نشد (۱۷).

در یک مطالعه که روش و هدف آن نزدیکی بیشتری با مطالعه حاضر دارد، شکبیا و همکاران بیان کردند که هشت هفته تمرین هوازی باعث کاهش اینترلوکین شش در موش‌های نر نژاد ویستار می‌شود. در مطالعه دیگری که توسط مردان پور شهرکردی و همکاران، این مطالعه نشان داد که سازگاری به تمرینات ترکیبی مستقل از ترتیب تمرین ترکیبی است و به نظر می‌رسد شیوه تمرینی که در ابتدا با تمرین مقاومتی شروع شود و به دنبال آن تمرین هوازی انجام شود می‌تواند تأثیر بیشتری در بهبود عوامل التهابی از جمله اینترلوکین IL-6 در مقایسه با توالی‌های دیگر داشته باشد (۱۸).

نتایج تحقیق دیگری لاجپن و همکاران نشان داد فعالیت ترکیبی حاد در شدت‌های مختلف با برابری هزینه انرژی تا ۳۰۰ کیلوکالری در بخش هوازی و برابری بار کار در بخش مقاومتی بر میزان اینترلوکین-۶ و فاکتور نکروز تومور آلفا مردان فعال تأثیر چندانی ندارد (۱۹). کورنیش و همکاران با هدف شناسایی اثر سه شدت مختلف فعالیت ورزشی مقاومتی حاد بر آزاد شدن IL-6 و میوگلوبین گردش خون در افراد سالمند را انجام دادند. نتایج نشان داد غلظت IL-6 خون هیچگونه تغییری نسبت به سطح پایه در تمام زمان‌ها پیدا نکرد (۲۰).

در توجیه یافته‌های تحقیق حاضر می‌توان گفت که مطالعات متعدد، کاهش غلظت سرمی سایتوکاین‌های التهابی ناشی از تمرینات ورزشی (۲۱) و مطالعات دیگری بی اثر بودن تمرین ورزشی روی این شاخص‌ها را گزارش کرده‌اند (۱).

نیز در زمینه محدودیت افزایش وزن موش‌های گروه تجربی با افزایش سن و افزایش بیشتر وزن گروه کنترل می‌توان گفت که مطالعات نشان داده است که کاهش وزن ناشی از رژیم غذایی و تمرین ورزشی وقتی در غلظت سایتوکاین‌ها تغییر ایجاد می‌نماید که در طی دو هفته میزان آن پایدار بوده و پس از هفته‌ی سوم شروع با افزایش کند. این مسأله نشان می‌دهد که شدت و نحوه اعمال پروتکل تمرینی مقاومتی تحقیق حاضر به شکل درست صورت گرفته و برای ورزشکاران از ایمنی کافی تمرینی برخوردار بوده است. همچنین ظرفیت میزان هرچند که داد نشان نتایج آنتی‌اکسیدان پلاسما به میزان ۶/۲۵ درصد افزایش یافت اما در مقایسه با گروه کنترل چنین افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود و تمرینات مقاومتی با شدت متوسط نتوانست تأثیر معنی‌داری بر قدرت آنتی‌اکسیدانی داشته باشد. یکی از موارد تأثیرگذار بر آسیب‌های سلولی، تغییرات ایجاد شده در سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدان‌های حاصل از اثر فشار اکسیداتیو می‌باشد (۲۲).

بونفرونی نشان داد که این تفاوت بین گروه‌های تمرین مقاومتی با تمرین ترکیبی ($P < 0/001$) و تمرین استقامتی با تمرین ترکیبی ($P < 0/001$) معنی‌دار می‌باشد.

اما تفاوت بین گروه‌های تمرین مقاومتی با تمرین استقامتی معنی‌دار نمی‌باشد ($P = 0/836$). در حالی که این نتایج نشان‌دهنده تغییر و کاهش میزان بیان نسبی ژن اینترلوکین شش در بافت عضله نعلی (کند انقباض) پای موش‌های نر بالغ نژاد ویستار به واسطه اجرای هشت هفته تمرینات مقاومتی، استقامتی و ترکیبی نسبت به گروه کنترل است؛ مقایسه بین دو گروه تمرینات مقاومتی و استقامتی نشان داد که بین این دو شیوه تمرینی در تغییر و کاهش میزان بیان نسبی ژن اینترلوکین شش تفاوتی وجود ندارد.

بحث

هدف مطالعه حاضر تعیین اثر تمرینات مقاومتی، استقامتی و ترکیبی بر بیان ژن اینترلوکین شش در عضله نعلی موش‌های نر نژاد ویستار بود. نتایج مطالعه نشان داد که در اثر اعمال تمرینات مقاومتی، استقامتی و ترکیبی افزایش وزن ناشی از افزایش سن موش‌ها محدود شده است و گروه کنترل در مقایسه با گروه‌های تجربی به‌طور معناداری افزایش وزن بیشتری را تجربه کرده است. نیز نتایج این مطالعه نشان داد بیان نسبی ژن اینترلوکین شش در عضله نعلی موش‌های نر بالغ نژاد ویستار پس از اجرای هشت هفته تمرینات مقاومتی، استقامتی و ترکیبی به‌طور معنادار کاهش داشته است.

در این زمینه و اثر کاهشی اجرای تمرینات ورزشی بر بیان ژن اینترلوکین نتایج این تحقیق با یافته‌های تحقیقات قبلی به‌صورت متفق القول در توافق می‌باشد. به‌عنوان مثال نتایج تحقیق عموزاد و همکاران نشان داد که سایتوکاین‌ها پس از ورزش افزایش معناداری دارد و بیان کرد که مدت ورزش، مهم‌ترین عامل در افزایش غلظت IL-6 پس از ورزش است. در حقیقت، بیش از ۵٪ تغییرات IL-6 پس از ورزش می‌تواند به تنهایی به‌وسیله‌ی مدت ورزش توضیح داده شود (۱۶) و احتمال می‌رود افزایش اینترلوکین شش پس از هر جلسه فعالیت بدنی نهایتاً منجر به ایجاد سازگاری شده و در حالت استراحت کاهش اینترلوکین را به همراه دارد.

از آنجا که ورزش با شدت بالا بیشتر با مدت زمان فعالیت کوتاه‌تر (و برعکس) رابطه دارد، ارتباط بین افزایش IL-6 و مدت زمان اگر براساس شدت ورزش تطبیق داده شود، بیشتر مشخص می‌شود. آقا علی‌نژاد و همکاران سال ۱۳۸۸ با مطالعه‌ی اثر دو نوع ریکاوری فعال و غیرفعال بر IL-6 به دنبال یک وهله ورزش برون‌گرای شدید، مشخص شد که ریکاوری گروه فعال نسبت به گروه غیر فعال در ساعات اولیه با کاهش

2. Davis Edwards and et al. Lipid profiles and plasma C- reactive protein Levels in patients Entering Cardia Rehabilitation. *Med Sci Spo Exer* 2002;22:1869-76.
3. Jessica L Clarke, Jeffrey L Anderson, John F Carlquist, Richard F Roberts, Benjamin D Horne, Tami L Bair, et al. Comparison of differing c- reactive protein assay methods and their impact on cardiovascular risk assessment. *Am J cardiol* 2005;95:155-8. doi: 10.1016/j.amjcard.2004.08.087
4. Mora S, Lee MI, Buring JE, Ridker PM. Association of physical activity and body mass index with novel and traditional cardiovascular biomarkers in women. *JAMA* 2006;295:1412-9. doi: 10.1001/jama.295.12.1412
5. Navarro RR, Romero L, Williams K. Nasal issues in athletes. *Curr Sports Med Rep* 2013;12:22-7. doi: 10.1249/JSR.0b013e31827dc22c
6. Abbas AK, Lichtman AH editors. Cellular and molecular immunology. Philadelphia: Saunders Pa;2006.
7. Valdés-Ramos R, Martínez-Carrillo BE, I Aranda-González I, Laura Guadarrama A, Virgen Pardo-Morales R, Tlatempa P, et al. Diet exercise and gut mucosal immunity. *Proc Nutr Soc* 2010;69:644-50. doi: 10.1017/S0029665110002533
8. Agha Alinejad H, Molanouri Shamsi M. Exercise induced release of cytokines from skeletal muscle: emphasis on IL-6. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism* 2010;12:181-203.[Persian].
10. Nikseresht M. Effects of low-intensity resistance versus high-intensity interval aerobic training on serum interleukin-6 concentration and insulin resistance markers in obese and young men. *Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences* 2020;27.[Persian]. doi: 10.18502/ssu.v27i12.2833
11. Reihmane D, Dela F. Interleukin-6: possible biological roles during exercise. *Eur J Sport Sci* 2014;14:242-50. doi: 10.1080/17461391.2013.776640
12. Amozad- Mahdiraji T, Barari A, Farzanegi P, Ahmadi M. Effects of four weeks of endurance training on serum paraoxonase-1 and lipid profile in obese men. *J Gorgan Univ Med Sci* 2014;16:9-15.[Persian].
13. Agha Alinejad H, Issa Nejad A, editors. Safety Performance in Sports. Tehran: World of Movement;2009.
14. Shakiba M, Fathi M, Gholami Avvali S. The effect of eight weeks of continuous and interval training on serum TNF- α , IL-6 and hs-CRP levels in female. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport* 2019;6:71-81.[Persian]. doi: 10.22077/jpsbs.2019.971
15. Mardanpour Shahrekordi Z, Banitalebi E, Faramarzi M, Salehi E. The effect of 8 weeks resistance-aerobic, aerobic- resistance and circulation concurrent training on some of the indicators of serum level of interleukin-6 in aged women. *Journal of Sport in Biomotor Sciences* 2015;14:1-11. doi: 10.22034/sbs.2023.371787.0
16. Chowdhury S, Schulz L, Palmisano B, Singh P, Berger JM, Yadav VK, et al. Muscle-derived interleukin 6 increases exercise capacity by signaling in osteoblasts. *J Clin Invest* 2020;130:2888-902. doi: 10.1172/JCI133572
17. Chowdhury S, Schulz L, Palmisano B, Singh P, Berger JM, Yadav VK, et al. Muscle-derived interleukin 6 increases exercise capacity by signaling in osteoblasts. *J Clin Invest* 2020;130:2888-902. doi: 10.1172/JCI133572
18. Rostami S, Gaeini A.A, Zamani A, Hosseini S.H. A survey of the effect of a cardiac rehabilitation program (concurrent resistance-endurance training) on homocysteine, interleukin-6 and interleukin-10 changes in men with heart disease. *Sport Physiology & Management Investigation* 2016;8:9-18.[Persian].
19. Dhooge R, Hellinckx T, Van Laethem C, Stegen S, De Schepper J, Van Aken S, et al. Influence of combined aerobic and resistance training on metabolic control, cardiovascular fitness and quality of life in adolescents with type 1 diabetes: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 2011;25:349-59. doi: 10.1177/0269215510386254

انجام تمرین ترکیبی از نقاط قوت تحقیق حاضر بود. چرا که ترکیب اجرای شیوه‌های تمرینی مختلف مضاف بر رعایت اصل تنوع در تمرین می‌تواند به ثروت توامان دستاوردهای تمرین استقامتی و مقاومتی را به همراه داشته باشد. از آنجایی که اثر تمرینات مقاومتی و استقامتی بر کاهش اینترلوکین شش طی مطالعات گذشته تقریباً به صورت متفق القول اثبات شده بود در این تحقیق ترکیب این دو شیوه‌ی تمرینی با رعایت حجم و شدت تمرین بخش مهم این مطالعه بود. همان‌طور که از نتایج نیز مشخص شد اجرای تمرینات ترکیبی به صورت معنادار نسبت به تمرینات مقاومتی و استقامتی تأثیر بیشتری دارد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل رساله دکتری فیزیولوژی ورزشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان می‌باشد و نویسندگان بر خود لازم می‌دانند که از همکاری تمام شرکت‌کنندگان و به‌ویژه مسئولان دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان که در انجام این تحقیق یاری نموده‌اند، تشکر و قدردانی نمایند.

ملاحظات اخلاقی

ملاحظات اخلاقی مربوط به اجرای تحقیقات حیوانی برای این تحقیق در کار گروه/ کمیته اخلاق پژوهش دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان بررسی و مورد تأیید قرار گرفت.

تعارض منافع

نویسندگان مقاله حاضر هیچ‌گونه تعارض منافی گزارش نکردند.

مشارکت نویسندگان

سرکار خانم خانم دکتر طاهره باقرپور استاد راهنما و نویسنده‌ی مسئول مقاله و آقای دکتر نعمت‌اله نعمتی استاد مشاور رساله بودیم. این کار از ابتدا با همفکری اساتید راهنما و مشاور طراحی و با اجرای آقای علی اکبر آجقلی اجرا شد. در نهایت با کمک هر دو استاد مقاله کار پژوهشی حاضر ویرایش و در اختیار مجله شما قرار گرفت. مقاله توسط تمام نویسندگان خوانده و تأیید شده است.

حمایت مالی

این پژوهش بدون حمایت مالی ارگان خاصی انجام شده است.

کد اخلاق

مطالعه‌ی حاضر با کد اخلاق IR.IAU.DAMGHAN.REC.1402.029 در دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان و گروه تربیت بدنی ثبت شده است.

References

1. Church TS, Barlow CE, Earnest CP, Kampert JB, Priest EL, Blair SN. Associations between cardiorespiratory fitness and C- reactive protein in men. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2002;22:1869-76. doi: 10.1161/01.atv.0000036611.77940.f8



20. Kim M Huffman, Cris A Slentz, Connie W Bales, Joseph A Houmard, William E Kraus. Relationships between adipose tissue and cytokine responses to a randomized controlled exercise training intervention. *Metabolism* 2008;57:577-83. doi: [10.1016/j.metabol.2007.11.023](https://doi.org/10.1016/j.metabol.2007.11.023)
21. Hennigar SR, McClung JP, Pasiakos SM. Nutritional interventions and the IL-6 response to exercise. *FASEB J* 2017;31:3719-28. doi: [10.1096/fj.201700080R](https://doi.org/10.1096/fj.201700080R)
22. Rahimian Mashhad Z, Attarzadeh Hosseini SR, Lamir AR, Sardar MA, Nekooei S, Giti R. Effect of aerobic and resistance exercise programs on arterial stiffness, serum IL6 and IL10 in obese women. *Iranian Journal of Obstetrics, Gynecology and Infertility* 2020;23:20-9. doi: [10.22038/ijogi.2020.15960](https://doi.org/10.22038/ijogi.2020.15960)



Regulation of Interleukin-6 in Soleus Muscle by Resistance, Endurance, and Combined Exercise in Wistar Rats

Ali Akbar Ajgholi (Ph.D. Student)¹, Tahereh Bagherpour (Ph.D.)^{*1}, Nematolah Nemati (Ph.D.)¹

1- Department of Sport Sciences, Da. C., Islamic Azad University, Damghan, Semnan, Iran.

Received: 06 October 2025, Accepted: 14 February 2026

Abstract:

Introduction: This study aimed to investigate the effects of resistance, endurance, and combined training on IL-6 gene expression in the soleus muscle of male Wistar rats.

Methods: In this experimental study, forty-two-month-old male Wistar rats were randomly allocated to four groups ($n = 10$ per group): control, resistance training, endurance training, and combined training. The individual exercise protocols were implemented for eight weeks. Gene expression levels of IL-6 mRNA were quantified using real-time polymerase chain reaction (RT-PCR). All statistical analyses were conducted using SPSS software.

Results: After eight weeks, rats in the control group displayed a body weight increase exceeding 60%, which was significantly higher than that observed in the experimental groups (less than 50%). Regarding IL-6 gene expression, all experimental groups exhibited a significant reduction compared with the control group ($P=0.001$). Likewise, the differences in the magnitude of reduction between resistance training and combined training, as well as between endurance training and combined training, were statistically significant ($P<0.05$). Nevertheless, no significant difference was observed between the resistance and endurance training groups ($P=0.001$).

Conclusion: The results suggest that resistance, endurance, and combined training protocols may attenuate age-related weight gain in rats. Remarkably, combined training seems to be a particularly effective strategy for mitigating age-associated weight gain and potentially reducing oxidative stress. Future studies are warranted to extend these results and explore their applicability to human populations.

Keywords: Soleus muscle; Combined training; Interleukin-6.

Conflict of Interest: No

*Corresponding author: T. Bagherpour, Email: bagherpoor-ta@yahoo.com

Citation: Ajgholi A.A, Bagherpour T, Nemati N. Regulation of interleukin-6 in soleus muscle by resistance, endurance, and combined exercise in wistar Rats. Journal of Knowledge & Health in Basic Medical Sciences 2026;20(4):26-33.

