

اثر یک وهله فعالیت ورزشی مقاومتی با دو شدت و ریکاوری متفاوت بر بیان ژن های TNF- α و اینترلوکین -۶، hs-CRP و نشانگر ایمنی - التهابی سیستمیک SII بر زنان بدنساز

آذر ممتاز^۱، رامین شعبانی^۲، علیرضا علمیه^۳

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: تمرینات مقاومتی با بار زیاد (HLRT (High-load resistance training)، موجب تغییرات فیزیولوژیکی در سیستم‌های بدن از جمله در سیستم ایمنی شود. از سوی دیگر تحقیقات کمی بر روی اثر تمرینات بدنسازی با شدت بالا بر سیستم ایمنی زنان انجام شده است. پژوهش حاضر اثر یک وهله فعالیت مقاومتی با دو شدت و ریکاوری متفاوت بر بیان ژن TNF- α و اینترلوکین-۶ hs-CRP و نشانگر ایمنی- التهابی سیستمیک SII (Systemic Immune-Inflammation Index= $P \times N/L$) بر زنان بدنساز مورد بررسی قرار داد.

روش‌ها: در این مطالعه‌ی نیمه تجربی، ۱۲ زن ورزشکار بدنساز سالم (سن 30 ± 5) داوطلب شرکت در این مطالعه شدند. شرکت‌کنندگان پس از پر کردن فرم رضایت‌نامه‌ی عمل در ۴ جلسه تمرینی، دو وهله‌ی تمرینی با شدت ۷۰ و ۸۵ درصد یک تکرار بیشینه (Repetition Maximum 1RM) را یکبار با زمان ریکاوری یک دقیقه و بار بعدی با دو دقیقه ریکاوری انجام دادند. ۳۶ ساعت بعد از اتمام هر جلسه تمرین، پس از ۱۰ ساعت ناشتا نمونه‌گیری انجام شد. نمونه‌ها با ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و در دمای منفی 20°C - نگهداری شدند. در پایان، همه مقادیر TNF- α و اینترلوکین-۶ hs-CRP و نشانگرهای ایمنی- التهابی سیستمیک SII چهار مرحله با یکدیگر مقایسه شد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها در سطح معنی داری $0.05 \leq \alpha$ استفاده شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج تمرین مقاومتی به روش HLRT در مقایسه با تمرینات مقاومتی با شدت متوسط، با افزایش شدت تمرین تا ۸۵ IRM درصد و ریکاوری یک دقیقه کاهش معنی‌داری در سطح اینترلوکین-۶ TNF- α (با $P < 0.001$) و hs-CRP (با $P < 0.025$) و افزایش معنی‌دار میزان نشانگرهای التهابی- ایمنی سیستمیک SII (Systemic Immune-Inflammation Index= $P \times N/L$) ($P < 0.001$) همراه بود.

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد افزایش شدت وهله تمرین مقاومتی- با افزایش بار- HLRT در سیستم ایمنی اثر منفی نداشته و موجب کاهش فاکتورهای پیش‌التهابی اینترلوکین-۶ و TNF- α و همچنین افزایش SII که نشانه‌ی کاهش احتمال التهاب در زنان بدنساز می‌باشد.

واژگان کلیدی: التهاب؛ اینترلوکین-۶؛ پروتئین واکنشی سی؛ تمرینات مقاومتی؛ فاکتور تومور نکروز آلفا

ارجاع: ممتاز آذر، شعبانی رامین، علمیه علیرضا. اثر یک وهله فعالیت ورزشی مقاومتی با دو شدت و ریکاوری متفاوت بر بیان ژن های TNF- α و اینترلوکین -۶، hs-CRP و نشانگر ایمنی - التهابی سیستمیک SII بر زنان بدنساز. مجله دانشکده پزشکی اصفهان ۱۴۰۳؛ ۴۲ (۷۸۰): ۷۲۶-۷۳۴.

عضلانی- اسکلتی، نگرانی‌هایی درباره‌ی احتمال آسیب بافتی و متعاقب آن فعال شدن برخی از سیستم‌ها از جمله سیستم ایمنی و ایجاد فرایند التهابی وجود دارد که می‌تواند عاملی برای ایجاد بیماری‌های التهابی و همچنین مانعی در برابر اجرای عملکرد مطلوب ورزشی باشد. حتی می‌تواند باعث شود ورزشکار مبتدی برای همیشه ورزش را ترک کند (۲).

مقدمه

در دهه‌ی حاضر، تمرینات مقاومتی، یکی از جذاب‌ترین و مؤثرترین روش‌ها برای بهبود تناسب اندام است. تمرکز بسیاری از ورزشکاران مبتدی و حرفه‌ای رشته‌های مختلف بر تمرینات مقاومتی پایه‌ای برای افزایش توانایی عضلات جهت ایجاد قدرت بیشتر معطوف شده است. در حالی که با وجود اثرات مثبت این گونه تمرینات بر دستگاه

- ۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
 - ۲- استاد، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
 - ۳- دانشیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
- نویسنده‌ی مسؤول: رامین شعبانی؛ استاد، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

Email: dr.ramin.shabani@gmail.com

است (۱۳). $TNF-\alpha$ عمدتاً توسط ماکروفاژها و لنفوسیت‌ها در پاسخ به آسیب سلولی ناشی از عفونت یا التهاب ترشح می‌شود (۱۴). $TNF-\alpha$ مشابه IL-6، یک سیتوکین پیش‌التهابی است که با طیف وسیعی از عملکردها مشخص می‌شود (۱۵). این دو از متغیرهای وابسته مهمی هستند که احتمال ایجاد التهاب با آنها بررسی می‌شود. مطالعاتی نشان داده که شدت متفاوت در تمرینات مقاومتی روی فاکتورهای التهابی $TNF-\alpha$ و ایترولوکین-6، hs-CRP و نشانگر ایمنی-التهابی سیستمیک SII نکرد در حالی که افزایش حجم تمرینات بر این شاخص‌ها اثرگذار بود (۱۶). سازگاری با تمرینات مقاومتی بدون توجه به شدت و مدت آن می‌تواند بر کاهش عوامل التهابی مؤثر باشد (۱۷). از طرفی این بحث مطرح می‌شود که تمرینات مقاومتی با شدت بالا می‌تواند فاکتورهای پیش‌التهابی را افزایش دهد (۱۸).

اخیراً نشان داده شد که سطح SII می‌تواند شرایط لنفوسیت، نوتروفیل و ترومبوسیت را نشان دهد و ممکن است پارامتری قوی باشد که شرایط پاسخ ایمنی میزبان را منعکس می‌کند. بنابراین، SII می‌تواند میزان تعادل بین شرایط التهابی در میزبان و شرایط پاسخ ایمنی آن را نشان دهد (۱۹).

مردان و زنان تأثیرات و بازخورد متفاوتی را در مواجهه با تمرین مقاومتی در پاسخ‌های التهابی نشان می‌دهند (۲۱) با توجه به این که تحقیقات کمی به بررسی اثرات ورزش مقاومتی بر روی زنان شده، نیاز به مطالعات بیشتری در پاسخ فیزیولوژیک زنان به این گونه تمرینات به ویژه تمرینات با شدت بالا وجود دارد (۲۲).

همچنین تفاوت در نتایج یافته‌های تحقیقاتی نشانگر تناقض در یافته‌ها به خصوص با در نظر گرفتن شدت و مدت تمرینات مقاومتی است که ضرورت تحقیقات در خصوص تأثیر این شیوهی تمرینی بر عوامل التهابی را افزایش می‌دهد لذا هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر تمرینات مقاومتی با دو شدت (بار) متفاوت در دو زمان متفاوت ریکاوری بر بر بیان ژن‌های $TNF-\alpha$ و ایترولوکین-6 و فاکتور التهابی hs-CRP و نشانگر التهابی - ایمنی سلولی SII بر زنان بدنساز بود.

روش‌ها

این مطالعه نیمه تجربی، یک گروه و به صورت طرح تکراری انجام شد. نمونه‌های تحقیق، ۱۲ زن ورزشکار بدنساز داوطلب واجد شرایط بودند. معیار ورود به مطالعه، سابقه حداقل دو سال اجرای مداوم و منظم تمرینات ورزشی، عدم مصرف دارو یا مکمل در شش ماه گذشته، عدم مصرف سیگار و الکل، با دامنه سنی ۳۰ الی ۴۰ سال بود. در صورتی که در طی دوره مطالعه، نمونه‌ها دچار آسیب شده و یا از ادامه مطالعه انصراف می‌دادند از حجم نمونه خارج می‌شدند. قبل از شروع مطالعه، از کلیه شرکت‌کنندگان فرم رضایتنامه آگاهانه اخذ شد.

تمرینات مقاومتی انجام حرکات و تمرینات با وزنه‌ها، دمبل‌ها یا وزن بدن را شامل می‌شود. از طرفی ورزشکاران استقامتی هم معمولاً از رویکرد تمرین مقاومتی مبتنی بر استقامت پیروی می‌کنند. این شامل انجام تکرارها و ست‌های بالا در تمرینات مقاومتی در جهت افزایش استقامت عضلانی است. با این حال، در سال‌های اخیر این دیدگاه تغییر کرده است. تمرینات مقاومتی با بار سنگین (HLRT) بیشتر به یک امر عادی در تمرینات تبدیل شده است. HLRT شامل استفاده از تمرینات کم تکرار است. بارها معمولاً با شدت بیش از ۸۰ درصد حداکثر یک تکرار بیشینه هستند (۳).

تمرین مقاومتی (RT) احتمالاً با کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های التهابی خفیف ارتباط دارد (۵)، اما افزایش میزان شدت این تمرینات از آن جمله در تمرینات نظیر تمرینات قدرتی با بار زیاد (HLRT) می‌تواند این نتیجه را تحت تأثیر قرار دهد (۶).

باتوجه به تحقیقاتی مشخص شده که با تمرینات مقاومتی با شدت بالا اثرات مفیدی بر برخی نشانگرهای التهابی گذاشته است (۶). همچنین باعث افزایش فاکتورهای پیش‌التهابی نیز نشده است (۷). مطالعاتی در افراد چاق که در معرض خطر بالای ابتلا به بیماری‌های التهابی سیستمیک درجه پایین بودند، نشان داد که ورزش مقاومتی شدید می‌تواند متناسب با پروتکل تمرین در کاهش فاکتورهای التهابی تأثیرگذار باشد (۵).

در یک تحقیق متاآنالیز نشان داده شد که در افراد مسن، دوره، شدت و زمان تحت تنش ورزشی همچنین استراحت بین ست‌ها نقش مهمی در تغییرات فیزیولوژیک بدن ایفا می‌کند و در بیماران التهابی، شدت ورزش می‌تواند در پروسه‌ی درمان یا پیشرفت بیماری تأثیرگذار باشد (۸). در مطالعه دیگری نشان داده شد، تمرین مقاومتی دارای اثرات ضد التهابی در جوانان سالم است لیکن میزان پاسخ میانجی‌های مختلف التهابی میزان بار خارجی متفاوت است (۹).

این درحالی است که در مطالعه‌ای گزارش شد که تغییرات در دفاع آنزیمی آنتی‌اکسیدانی و عوامل التهابی به دنبال تمرین مقاومتی مستقل از شدت تمرین است (۱۰). در مطالعه‌ای روی مردان چاق مشخص شد که تمرین مقاومتی با کاهش فاکتور پیش‌التهابی $TNF-\alpha$ باعث کاهش مقاومت به انسولین می‌شود (۱۱).

در مقاله‌ای هم کاملاً متضاد آورده شده که تمرینات طولانی مدت و شدید می‌تواند به طور کلی منجر به سطوح بالاتری از واسطه‌های التهابی شود و در نتیجه ممکن است خطر آسیب و التهاب مزمن را افزایش دهد. در مقابل، ورزش با شدت متوسط یا شدید به همراه دوره‌های استراحت مناسب می‌تواند موجب بهبود در التهاب شود (۱۲).

کاهش غلظت IL-6 سرم خون دو ساعت پس از تمرین مقاومتی، نشانگر تأثیر تمرین مقاومتی بر کاهش احتمال و وضعیت التهابی کلی بدن

(RM₁) و بالا ۸۵ درصد (RM₁) و با دو زمان ریکاوری یک و دو دقیقه بود، که در طی چهار هفته متوالی اجرا گردید. همچنین نمونه‌ها دو روز در هفته نیز به تمرینات معمول خود پرداختند. چهار پروتکل تمرین در جدول یک با جزئیات نشان داده شد.

میزان HS-CRP و CBC-diff با کیت‌های انسانی هماتوژنیک پارس طب ساخت ایران بررسی شد و برای فاکتور نکروز تومور الفا (TNF- α) و (IL-6) از کیت‌های الایزای زلبایوی المان (ZellBio GmbH) به روش الایزا و از دست‌گاه DANA-3200 ELISA READER تایوانی استفاده شد.

تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۲۷ (version 27, IBM Corporation, Armonk, NY) انجام شد. توزیع طبیعی داده‌ها با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk بررسی و بعد از طبیعی بودن داده‌ها از آزمون آنالیز واریانس طرح تکراری استفاده شد. جهت ارزیابی آزمون بین‌گروهی آزمون تعقیبی Bonferroni بکار گرفته شد.

آزمودنی‌های این پژوهش زنان بدنسازی بودند که حداقل دو سال سابقه ورزش بدنسازی داشته و در سلامت کامل، در رده‌ی سنی ۳۰ تا ۴۰ سال با شاخص توده‌ی بدنی ۲۳ تا ۲۶ قرار داشته‌اند که پس از جلسه توجیهی تحقیق داوطلب شرکت در پژوهش شدند. افراد آزمودنی بعد از یادگیری پروتکل تمرینی با نظارت محقق و تیم مربیان باشگاه ممتاز رشست اجرای تحقیق را آغاز کردند. کل تحقیق در یک ماه با هفته‌ای یک جلسه تمرین انجام شد. هر چهارشنبه عصر تمرینات با نظارت کامل متناسب با پروتکل تمرین اجرا و ۳۶ ساعت بعد در وضعیت ده ساعت ناشتا، در صبح پنج‌شنبه همان هفته نمونه‌گیری خونی در آزمایشگاه طبی زیر نظر محقق توسط کارشناسان آزمایشگاه انجام شد. نمونه‌ها بعد از سانتیفریوژ سه هزار دور در دقیقه، در دمای ۲۰- درجه‌ی سانتی‌گراد نگهداری شدند و در پایان دوره‌ی یک ماهه باهم برای بررسی به پژوهشگاه هیستوتونیک پاسارگاد تهران فرستاده و توسط کیت‌های انسانی مورد بررسی قرار گرفتند. پروتکل تمرین شامل چهار جلسه تمرین با دو شدت حداکثر یک تکرار بیشینه‌ی متوسط ۷۰ درصد

جدول ۱: پروتکل تمرینات

پروتکل	نوع حرکت	تعداد ست	تعداد تکرار	استراحت بین ست	توضیحات
پروتکل یک	گرم کردن				متناسب با عضلات با مری
	بدنه تمرین	جلو اسکات	۳	۱۲	دو دقیقه
		پرس سینه	۳	۱۲	دو دقیقه
		اسپلیت اسکات	۳	۱۲	دو دقیقه
پرس سرشانه نظامی	۳	۱۲	دو دقیقه	هدف با هفتاد درصد یک تکرار بیشینه (70% 1RM)	
پروتکل دو	سرد کردن				متناسب با عضلات با مری
	گرم کردن				
	بدنه تمرین	جلو اسکات	۳	۱۲	یک دقیقه
		پرس سینه	۳	۱۲	یک دقیقه
اسپلیت اسکات		۳	۱۲	یک دقیقه	
پرس سرشانه نظامی	۳	۱۲	یک دقیقه	هدف با هفتاد درصد یک تکرار بیشینه (70% 1RM)	
پروتکل سه	سرد کردن				متناسب با عضلات با مری
	گرم کردن				
	بدنه تمرین	جلو اسکات	۳	۶	دو دقیقه
		پرس سینه	۳	۶	دو دقیقه
اسپلیت اسکات		۳	۶	دو دقیقه	
پرس سرشانه نظامی	۳	۶	دو دقیقه	هدف با هشتاد و پنج درصد یک تکرار بیشینه (85% 1RM)	
پروتکل چهار	سرد کردن				متناسب با عضلات با مری
	گرم کردن				
	بدنه تمرین	جلو اسکات	۳	۶	یک دقیقه
		پرس سینه	۳	۶	یک دقیقه
اسپلیت اسکات		۳	۶	یک دقیقه	
پرس سرشانه نظامی	۳	۶	یک دقیقه	هدف با هشتاد و پنج درصد یک تکرار بیشینه (85% 1RM)	
سرد کردن					

مقادیر فاکتور پیش‌التهابی IL-6 به طور معنی‌داری با افزایش شدت بار و کاهش زمان ریکاوری کاهش یافت. در مقایسه با برنامه‌ی تمرینی با شدت ۱ در صد RM70 و ریکاوری دو دقیقه (HLRT1) در تمرینات با همین شدت و ریکاوری یک دقیقه (HLRT2) و نیز برنامه‌ی تمرین با شدت ۱ در صد RM85 با دو زمان ریکاوری دو دقیقه (HLRT3) و یک دقیقه (HLRT4)، کاهش معنی‌داری در میزان IL-6 دیده شد ($P \leq 0/0001$) مقایسه‌ی آن در شکل ۱ آورده شده است.

نتایج در مورد عامل پیش‌التهابی TNF- α نشان داد که با افزایش شدت بار و کاهش زمان ریکاوری نیز میزان این عامل کاهش معنی‌دار داشت. به عبارت دیگر در مقایسه با برنامه‌ی تمرین ۱ درصد RM 70 با ریکاوری دو دقیقه (HLRT1) در تمرینات با همین شدت و ریکاوری یک دقیقه (HLRT2) و برنامه‌ی تمرینی با شدت ۱ درصد RM 85 با دو ریکاوری دو دقیقه (HLRT3) و یک دقیقه (HLRT4) کاهش معنی‌داری در میزان TNF- α دیده شد ($P \leq 0/0001$). در مقایسه‌ی تمرین با تمرین با شدت ۱ درصد RM 70 و ریکاوری یک دقیقه با تمرین با شدت ۱ درصد RM85 و ریکاوری یک دقیقه کاهش TNF- α معنی‌دار بود ($P \leq 0/0004$). همچنین در مقایسه با تمرین با شدت ۱ درصد RM 85 با ریکاوری دو دقیقه در تمرین به همین شدت و یک دقیقه ریکاوری این کاهش معنی‌دار بود ($P \leq 0/0058$) (شکل ۲).

این مقاله برگرفته از نتایج رساله دکتری از نتایج یک طرح مطالعاتی با (مجوز کمیته‌ی اخلاق) کد اخلاق IRIA.U.RASHT.REC.1402.047 در مرکز ملی تحقیقات راهبرد آموزش پزشکی است. شماره ثبت پژوهش در سایت مرکز ثبت کارآزمایی‌های بالینی ایران (IRCT): IRCT20240305061178N1

یافته‌ها

مشخصات دموگرافیک شرکت‌کنندگان در مطالعه در جدول ۲ ارائه شد. همانگونه که نتایج جدول نشان می‌دهد، میانگین سنی ورزشکاران $21/5 \pm 3/35$ سال، سابقه‌ی ورزش در رشته‌ی بدنسازی $7/0 \pm 3/5$ سال و نمایه توده بدن آنها $25/65 \pm 1/67$ بود.

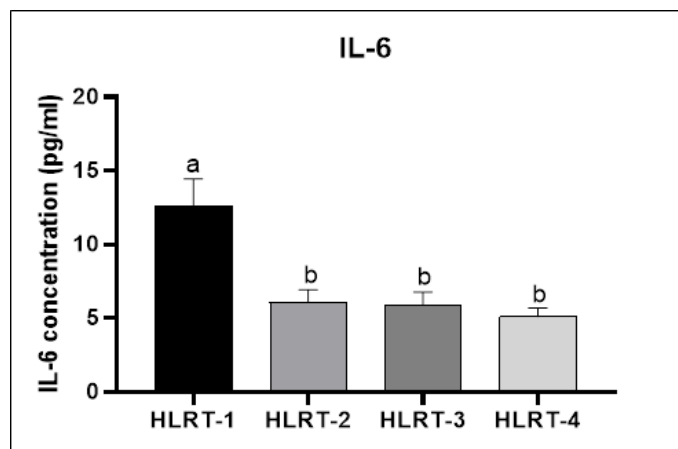
متغیرها	انحراف معیار \pm میانگین
سن (سال)	$21/5 \pm 3/35$
سابقه‌ی بدنسازی (سال)	$7/0 \pm 3/5$
BMI) kg/m^2	$25/65 \pm 1/67$

و همچنین تو صیف تغییرات میانگین و انحراف معیار متغیرها نیز در جدول ۳ آورده شد.

بر اساس نتایج آزمون تحلیل واریانس و آزمون تعقیبی Tukey.

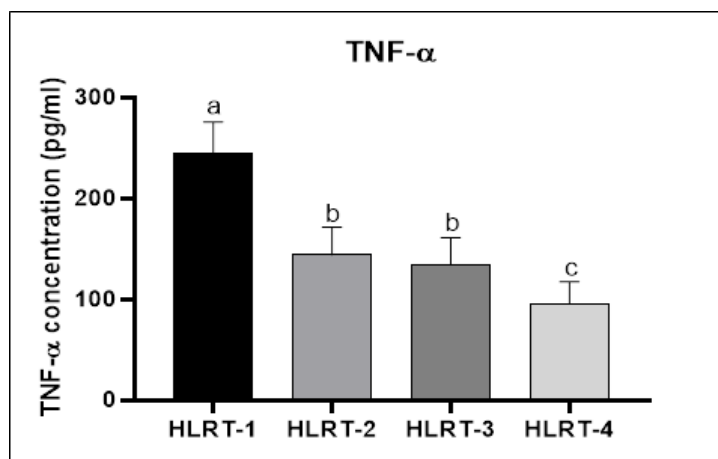
جدول ۳: تغییرات میانگین و انحراف معیار متغیرها در طی چهار پروتکل تمرینی

متغیر وابسته	پروتکل تمرین	HLRT1	HLRT2	HLRT3	HLRT4	آنالیز واریانس
		انحراف معیار \pm میانگین	انحراف معیار \pm میانگین	انحراف معیار \pm میانگین	انحراف معیار \pm میانگین	P F
IL-6		$11/818 \pm 1/2/63$	$6/838 \pm 6/0/82$	$5/8617 \pm 5/9/06$	$5/589 \pm 5/1/08$	$0/0001$ $114/7$
TNF- α		$30/53 \pm 245/1$	$27/55 \pm 143/9$	$17/27 \pm 133/8$	$21/6 \pm 95/34$	$0/0001$ $67/63$
HS-CRP		$0/539 \pm 0/7908$	$0/517 \pm 0/828$	$0/687 \pm 0/687$	$0/341 \pm 0/341$	$0/025$ $5/047$
SII (تعداد $\times 10^9$)		$0/038 \pm 0/43$	$0/039 \pm 0/447$	$0/039 \pm 0/457$	$0/171 \pm 1/359$	$0/0001$ $17/121$



شکل ۱: میانگین IL-6 بعد از اجرای هر وهله‌ی تمرین. a تفاوت تمرین با ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه ریکاوری دو دقیقه با سه پروتکل دیگر را نشان می‌دهد.

HLRT-1: 70%1RM, 2min; HLRT-2: 70%1RM, 1min; HLRT-3: 85%1RM, 2min; HLRT-4: 85%1RM, 1min



شکل ۲: میانگین TNF-α بعد از اجرای هر وهله‌ی تمرین. a تفاوت تمرین یک با سه تمرین دیگر است و b تفاوت تمرین دو و سه با یک و چهار است و c تفاوت تمرین چهار با بقیه می‌باشد.

HLRT-1:70%1RM,2min; HLRT-2: :70%1RM,1min; HLRT-3: :85%1RM,2min; HLRT-4: 85%1RM,1min

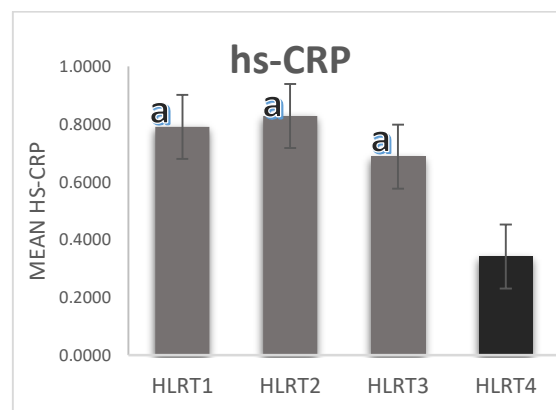
فاکتور ایمنی-التهابی سلولی SII افزایش معنادار داشت ($P \leq 0/001$). در شکل ۴ این مقایسه نشان داده شد.



شکل چهار: مقایسه‌ی میانگین SII بعد از اجرای هر وهله‌ی تمرین b تفاوت بین تمرین چهار و سه تمرین دیگر را نشان می‌دهد.

HLRT-1:70%1RM,2min; HLRT-2: :70%1RM,1min;
HLRT-3: :85%1RM,2min;HLRT-4: 85%1RM,1min

نتایج در خصوص Hs-CRP نشان داد که با افزایش شدت بار و کاهش زمان ریکاوری، موجب کاهش معنی‌دار این عامل التهابی گردید. در مقایسه با تمرین با شدت ۱ درصد 70 RM و ریکاوری یک دقیقه در تمرین با شدت ۱ درصد 85 RM و ریکاوری یک دقیقه مقدار فاکتور Hs-CRP کاهش معنی‌دار داشت ($P \leq 0/008$). این مقایسه در شکل ۳ نشان داده شد.



شکل ۳: مقایسه‌ی میانگین hs-CRP بعد از اجرای هر وهله‌ی تمرین. b در این شکل تفاوت تمرین ۴ را با سه تمرین دیگر مشخص می‌کند.

HLRT-1:70%1RM,2min; HLRT-2: :70%1RM,1min
;HLRT-3: :85%1RM,2min; HLRT-4: 85%1RM,1min

بحث

در این پژوهش بین یک وهله تمرین مقاومتی با شدت متوسط ۱ درصد 70 RM و شدت بار بالا ۱ (HLRT) 85% RM کاهش معنی‌داری در میزان بیان ژن فاکتورهای پیش‌التهابی IL-6 و TNF-α، همچنین فاکتورهای التهابی hs-CRP و افزایش معنی‌دار در نشانگر ایمنی التهابی SII مشاهده شد. به عبارت دیگر افزایش بار تمرینات و کاهش زمان ریکاوری بر کاهش بیان ژن عوامل پیش‌التهابی و عامل التهابی hs-CRP و نیز افزایش شاخص SII مؤثر بود.

در بررسی شاخص SII نتایج نشان داد که با افزایش شدت بار و کاهش زمان ریکاوری میزان این فاکتور افزایش معنی‌دار داشت. در مقایسه با تمرین با شدت ۱ درصد 70 RM با ریکاوری دو دقیقه با تمرین با تمرین با شدت ۱ درصد 85 RM با ریکاوری یک دقیقه

فاکتور HS-CRP در تمرینات مقاومتی بود (۲۸). برخلاف آن Kamiya و همکاران معتقدند، تمرینات مقاومتی البته با شدت پایین با کاهش التهاب ارتباط مستقیمی دارد (۲۹).

در مطالعاتی، غلظت CRP، پس از تمرین مقاومتی به طور معنی داری CRP بعد از تمرین را افزایش داد. در این مطالعه به افزایش فاکتور HS-CRP | شماره دا شت (۳۰). در تحقیقاتی دیگر سطح فاکتور hs-CRP بعد از تمرینات مقاومتی افزایش معنی داری داشت (۳۱).

در سال ۲۰۱۹ تحقیقی که بر ۹ زن سالم انجام شد نشان داد که تمرینات مقاومتی و استقامتی باعث کاهش معنی داری در پروتئین واکنشی C با حساسیت بالا (hs-CRP) شد که نشانگر کاهش شدت التهاب بود (۳۲). همچنین مطالعه‌ای دیگر بر زنان سالم میانسال در سال ۲۰۱۷، کاهش معنی دار hs-CRP را بعد از تمرینات مقاومتی نشان داد (۳۳).

نتایج آشکار شده در پژوهش حاضر حاکی از آن بود که SII در یک وهله تمرین مقاومتی با شدت ۸۵ درصد IRM و ریکاوری بین ست‌های یک دقیقه نسبت به شدت ۷۰ درصد IRM افزایش معنی دار داشت ($P \leq 0/001$).

SII یک مقدار آزمایشگاهی بالینی است که نشانگر مناسب و در دسترس برای بررسی التهاب است (۳۴). مطالعه‌ای اخیر نشان داده است که SII با بروز بیماری‌های عروق مغزی در بزرگسالان چینی مرتبط است. کسانی که سطح SII کمتر از ۳۳۵/۳ دارند، بیشتر در معرض بیماری‌های قلبی-عروقی ناشی از التهاب در عروق هستند (۳۵). SII در مقایسه با گروه شاهد به طور معنی داری پس از تمرین ورزشی کاهش یافت (۲۰). بررسی علت ناهمسو بودن مقالات با مطالعه‌ی حاضر، می‌تواند مربوط به نوع تمرینات ورزشی باشد.

یک وهله تمرینات مقاومتی، در کاهش التهاب تأثیرگذار است (۳۶). مشخص شد رونویسی ژن IL-6 کیفیت انقباض ماهیچه‌های اسکلتی مرتبط است (۳۷). تمرین مقاومتی می‌تواند آسیب عضلانی ایجاد کند که پاسخ فیزیولوژیکی به آسیب بافتی معمولاً التهاب است که شامل تولید سیتوکین‌هاست اما پاسخ سیتوکین‌ها ممکن است بر اساس نوع، شدت، مدت و زمان ریکاوری بین دوره‌های تمرین متفاوت باشد. کاهش تخریب پروتئین، مکانیسم اصلی می‌باشد. تمرین مقاومتی با کاهش سطوح سیتوکین‌ها روی مسیر التهاب اثر می‌گذارد (۵). اثرات ضد التهابی RT تنها برای CRP با تمایل به کاهش IL-6 نیز معنی دار بود. تحقیقات نشان می‌دهد که کاهش نشانگرهای التهابی احتمالاً با افزایش توده‌ی عضلانی مرتبط است. شواهد اولیه نشان دادند که افزایش حجم تمرینات مقاومتی (تعداد تمرینات، دفعات و مدت مداخله) می‌تواند بر اثرات ضد التهابی آن نقش داشته باشد و احتمالاً با تغییرات ترکیب بدن مرتبط است (۳۸).

در مطالعه‌ی مروری سیستماتیک و متآنالیزی که Kim و Yeun انجام دادند، نتیجه گرفتند که تمرینات مقاومتی بدون توجه به سن، روش تمرین، شدت و مدت می‌تواند برای بهبود التهاب مزمن درجه پایین در بزرگسالان مسن مفید باشد (۱۶).

Carneiro Gil و همکاران در تحقیقاتی ادعا کردند که تمرینات مقاومتی با بار بالا (HLRT) همچون تمرینات با بار پایین (LLRT) بیومارکرهای التهابی در گردش را کاهش می‌دهند (۲۲).

در مطالعه‌ی مروری نشان داده شد، تمرینات طولانی مدت و شدید، می‌تواند منجر به سطوح بالاتری از واسطه‌های التهابی شوند در مقابل تمرینات متوسط و شدید با دوره‌های استراحت مناسب می‌تواند حداکثر سود را در این زمینه داشته باشد (۱۲).

در مطالعاتی دیگر بر تأثیر تمرینات مقاومتی بر میزان التهاب مشخص شد که ارتباط مستقیم افزایشی بین سطح شدت تمرین و التهاب وجود دارد که نیازمند تحقیقات در شدت‌های متفاوت تمرین است (۹).

Elizondo-Montem و Gonzalez-Gil در مطالعه‌ی مروری خود بر تأثیر تمرینات ورزشی بر القاء ژن‌هایی از جمله IL-6 و در نتیجه تغییر در شدت التهاب تأکید کردند (۲۳). در مقابل بهبود فاکتورهای التهابی در اثر تمرینات مقاومتی همچون تمرینات استقامتی در مقاله‌ی Sabouri و همکاران در سال ۲۰۲۱ نشان داده شد (۲۴). اما در تحقیق دیگری نشان داده شد که تمرینات مقاومتی همانند تمرینات هوازی بر کاهش عوامل التهابی تأثیرگذار نیست (۲۵).

Nogueira و همکاران در مطالعه‌ای نشان دادند که با تمرینات مقاومتی سطح TNF- α کاهش یافته و ورزشکار بهبود در عملکرد داشت (۲۷). همچنین در مطالعه‌ای بر روی موش‌ها روشن شد که ورزش مقاومتی با کاهش فاکتور TNF- α و کاهش التهاب به عملکرد بهتر قلب کمک می‌کنند (۲۶).

Rahimi و Mehrwand در سال ۲۰۲۳ بعد از مطالعه بر مردان میانسال اعلام کردند که سطوح پلاسمایی TNF- α و IL-6 پس از اتمام برنامه‌ی تمرینی به طور قابل توجهی کاهش یافت و هیچ آسیب ورزشی گزارش نشد (۲۷).

در این پژوهش با توجه به یافته‌ها مشخص شد که با افزایش شدت تمرین تا ۸۵ درصد یک تکرار بیشینه و کاهش زمان استراحت بین ست‌ها تا یک دقیقه در یک وهله تمرین از مقدار hs-CRP به شکل معنی داری کاسته شده که بیانگر کاهش احتمال التهاب می‌باشد ($P \leq 0/008$).

یافته‌های این پژوهش که مشخص شد با افزایش شدت تمرین تا ۸۵ درصد یک تکرار بیشینه و کاهش زمان استراحت بین ست‌ها تا یک دقیقه در یک وهله‌ی تمرین از مقدار hs-CRP به شکل معنی داری کاسته شد. Kehrer و همکاران اثرات متناقضی را در مورد تمرینات مقاومتی و التهاب گزارش کرده‌اند که شامل افزایش میزان

- resistance training at acute moderate altitude. *Int J Environ Res Public Health* 2021; 18(8): 4233.
18. Shoji F. Clinical impact of the systemic immune-inflammation index in non-small cell lung cancer patients. *Ann Transl Med* 2020; 8(11): 668.
 19. Winker M, Stössel S, Astrid Neu M, Lehmann N, El Malki K, Paret C, et al. Exercise reduces systemic immune inflammation index (SII) in childhood cancer patients. *Support Care Cancer* 2022; 30(4): 2905-8.
 20. Benini R, Prado Nunes PR, Orsatti CL, Vannucchi Portari G, Orsatti FL. Influence of sex on cytokines, heat shock protein, and oxidative stress markers in response to an acute total body resistance exercise protocol. *J Exerc Sci Fit* 2015; 13(1): 1-7.
 21. Moran J, Sandercock G, Ramirez-Campillo R, Clark CCT, Fernandes JFT, Drury B, et al. A meta-analysis of resistance training in female youth: its effect on muscular strength, and shortcomings in the literature. *Sports Med* 2018; 48(7): 1661-71.
 22. Carneiro MA, de Oliveira Júnior GN, de Sousa JFR, Orsatti CL, Murta EFC, Michelin MA, et al. Effect of whole-body resistance training at different load intensities on circulating inflammatory biomarkers, body fat, muscular strength, and physical performance in postmenopausal women. *Appl Physiol Nutr Metab* 2021; 46(8): 925-33.
 23. Gonzalez-Gil AM, Elizondo-Montemayor L. The role of exercise in the interplay between myokines, hepatokines, osteokines, adipokines, and modulation of inflammation for energy substrate redistribution and fat mass loss: a review. *Nutrients* 2020; 12(6): 1899.
 24. Sabouri M, Hatami E, Pournemati P, Shabkhiz F. Inflammatory, antioxidant and glycemic status to different mode of high-intensity training in type 2 diabetes mellitus. *Mol Biol Rep* 2021; 48(6): 5291-304.
 25. Arazi H, Jorbonian A, Asghari E. Comparison of the effect of aerobic, resistance, and combined training on some inflammatory markers in obese men [in Persian]. *Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences* 2012; 20(5): 627-38.
 26. Nogueira ME, Sousa Neto IV, Motta-Santos D, de Castro Cantuária AP, de Freitas Lima SM, Berto Rezende TM, et al. High-protein diet associated with resistance training reduces cardiac TNF- α levels and up-regulates MMP-2 activity in rats. *Arch Physiol Biochem* 2022; 128(6): 1630-6.
 27. Rahimi MR, Mehrwand Z. The impact of resistance training on IL-6, TNF-a, and CRP levels in the elderly: a systematic review and meta-analysis study. *International Journal of Sport Studies for Health* 2023; 6(2): 1-0.
 28. Kehrer P, Kelly K, Heffernan N. Does Immediate Feedback While Doing Homework Improve Learning? Proceedings of the 26th International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference Grantee Submission; 2013.
 29. Kamiya M, Ihira H, Taniguchi Y, Matsumoto D, Ishigaki T, Okamae A, et al. Low-intensity resistance training to improve knee extension strength in community-dwelling older adults: systematic review and meta-analysis of randomized controlled studies. *Exp Gerontol* 2023; 172: 112041.
 30. Zarei M, Pejhan A, Beheshti-Nasr SM. Beheshti-Nasr. Comparison of the acute response of some inflammatory markers to circular resistance training in fasting in the morning and evening in obese men [in Persian]. *J Isfahan Med Sch* 2020; 37(560): 1440-7.
 31. Tavvafian N, Darabi H, Ahani A, Naghizadeh H, Hajiaghache R, Rahmati-Ahmadabad S, et al. Effects of glycyrrhizic acid supplementation during nonlinear resistance training on inflammatory markers and muscular damage indices in overweight young men. *Obesity Medicine* 2020; 17: 100178.
 32. Ihalainen JK, Hackney AC, Taipale RS. Changes in inflammation markers after a 10-week high-intensity combined strength and endurance training block in women: The effect of hormonal contraceptive use. *J Sci Med Sport* 2019; 22(9): 1044-8.
 33. Mardanpour Shahrekordi Z, Banitalebi ZE, Faramarzi M. The effect of resistance training on levels of interleukin-6 and high-sensitivity C-reactive protein in older-aged women. *Elderly Health Journal* 2017; 3(1): 35-41.
 34. Tosu AR, Biter HI. Association of systemic immune-inflammation index (SII) with presence of isolated coronary artery ectasia. *Arch Med Sci Atheroscler Dis* 2021; 6: e152-e157.
 35. Xia Y, Xia C, Wu L, Li Z, Li H, Zhan J. Systemic immune inflammation index (SII), system inflammation response index (SIRI) and risk of all-cause mortality and cardiovascular mortality: a 20-year follow-up cohort study of 42,875 US adults. *J Clin Med* 2023; 12(3): 1128.
 36. Silva BSDA, et al. Inflammatory and metabolic responses to different resistance training on chronic obstructive pulmonary disease: a randomized control trial. *Front Physiol* 2018; 9: 262.
 37. Nielsen AR, Pedersen BK. The biological roles of exercise-induced cytokines: IL-6, IL-8, and IL-15. *Appl Physiol Nutr Metab* 2007; 32(5): 833-9.
 38. Sardeli AV, Tomeleri CM, Serpeloni Cyrino E, Fernhall B, Regina Cavaglieri C, Traina Chacon-Mikahil MP. Effect of resistance training on inflammatory markers of older adults: A meta-analysis. *Exp Gerontol* 2018; 111: 188-96.

The Effect of a Single Bout of Resistance Exercise with Two Intensities and Different Recovery on the Expression of TNF-A and Interleukin-6 Genes, hs-CRP, and Systemic Immune-Inflammatory Marker SII on Female Bodybuilders

Azar Momtaz¹, Ramin Shabani², Alireza Elmieh³

Original Article

Abstract

Background: Resistance exercises with high loads of HLRT cause physiological changes in body systems, including the immune system. On the other hand, little research has been done on the effect of high-intensity bodybuilding exercises on women's immune systems. The present study investigated the effect of resistance activity in a single bout with two different intensities and recovery on TNF- α and interleukin-6 gene expression, hs-CRP, and systemic immune-inflammatory marker SII on female bodybuilders.

Methods: In this semi-experimental study, 12 healthy female athletes (aged 30 ± 5) volunteered. The samples performed weekly resistance training at 70% and 85% of 1RM in two recovery times of one and two minutes. Thirty-six hours after training, sampling was done following a ten-hour fasting period. The samples were centrifuged at 3000 rpm and kept at -20°C . Ultimately, all levels of TNF- α and interleukin-6, hs-CRP, and systemic immune-inflammatory markers SII were checked in the medical laboratory. A consent form was obtained from the participants.

Findings: The results of resistance training using the HLRT method compared to moderate-intensity resistance training showed an increase in training intensity of up to 85% 1RM and a one-minute recovery. There was a significant decrease in the level of interleukin-6, TNF- α ($P < 0.001$), and hs-CRP ($P < 0.025$) and a significant increase in the level of SII systemic immune-inflammatory markers ($P < 0.001$).

Conclusion: It seems that increasing the intensity of resistance training - with increasing load - HLRT does not hurt the immune system, and it reduces pro-inflammatory factors interleukin-6, TNF- α and hs-CRP, as well as increases SII in female bodybuilders.

Keywords: Inflammation; Interleukin-6; hs-CRP; Resistance exercises; TNF- α

Citation: Momtaz A, Shabani R, Elmieh A. **The Effect of a Single Bout of Resistance Exercise with Two Intensities and Different Recovery on the Expression of TNF-A and Interleukin-6 Genes, hs-CRP, and Systemic Immune-Inflammatory Marker SII on Female Bodybuilders.** J Isfahan Med Sch 2024; 42(780): 726-34.

1- PhD Student in Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sport Sciences, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

2 - Professor in Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sciences, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

3- Associated Professor in Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sciences, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran.

Corresponding Author: Ramin Shabani, Professor in Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sciences, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran; Email: dr.ramin.shabani@gmail.com