

## The effect of resistance training in combination with L-arginine supplementation on the expression of VEGF and TNF- $\alpha$ gene in the soleus muscle of aged male rats

Hamid Salarkia<sup>1</sup> Shida Aghazadeh Dolatsara<sup>2</sup> mehdi kohi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Master of Science in Exercise Physiology, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

<sup>2</sup> Master of Science, Pathology and Corrective Exercises, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

<sup>3</sup> Bachelor of Physical Education and Sports Sciences

### Abstract:

**Background:** The anti-inflammatory effects of resistance training depend on the duration and intensity of the training, so reducing muscle damage after exercise by reducing inflammatory responses seems to be vital. The purpose of this study was to investigate the effect of eight weeks of resistance training and curcumin supplementation on inflammatory factors in water polo athletes.

**Method:** The present research was a semi-experimental method. 24 male water polo athletes between the ages of 18 and 23 were randomly divided into 4 control groups, resistance training, supplemental group, and resistance training + supplemental group. The resistance training protocol was for eight weeks and three sessions each week with an intensity of 50 to 80% of 1RM. Subjects in the supplement and exercise-supplement groups took 150 mg of curcumin supplement in the form of one pill three days a week. IL-1 and TNF- $\alpha$  were measured by ELISA method 48 hours before and after the exercise program. Statistical analysis was performed with two-way analysis of variance and Tukey's post hoc test.

**Findings:** The results of the study showed a significant decrease in IL-1 and TNF- $\alpha$  in the combination and exercise group compared to the supplement and control groups ( $p=0.001$ ). Also, no significant difference was observed between the control and supplement groups ( $p=0.109$ ).

**Conclusion:** The significant reduction of IL-1 and TNF- $\alpha$  due to strength training and curcumin supplementation creates conditions to reduce inflammation and can fight the side effects of heavy training.

**Keywords:** resistance training, curcumin, inflammatory factors and water polo



## اثر هشت هفته تمرین مقاومتی و مکمل کورکومین بر عوامل التهابی ورزشکاران واترپلو

حمید سالار کیا<sup>۱</sup>، شیدا آقازاده دولت سرا<sup>۲</sup>، مهدی کوهی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

<sup>۲</sup> کارشناس ارشد، آسیب شناسی و حرکات اصلاحی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

<sup>۳</sup> کارشناسی تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

### چکیده:

**هدف:** اثرات ضدالتهابی تمرین مقاومتی به مدت و شدت تمرین بستگی دارد لذا کاهش آسیب عضلانی پس از فعالیت از طریق کاهش پاسخ‌های التهابی امری حیاتی به نظر می‌رسد. هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر هشت هفته تمرین مقاومتی و مکمل کورکومین بر عوامل التهابی ورزشکاران واترپلو بود.

**روش:** پژوهش حاضر به روش نیمه‌تجربی بود. ۲۴ مرد ورزشکار رشته واترپلو ۱۸ تا ۲۳ ساله به طور داوطلبانه از طریق روش نمونه‌گیری هدفمند به طور تصادفی به ۴ گروه کنترل، تمرین مقاومتی، گروه مکمل و گروه تمرین مقاومتی + مکمل تقسیم شدند. پروتکل تمرین مقاومتی به مدت هشت هفته و هر هفته سه جلسه با شدت ۵۰ تا ۸۰ درصد  $1RM$  بود. آزمودنی‌های گروه مکمل و تمرین-مکمل، ۱۵۰ میلی‌گرم مکمل کورکومین را به صورت یک قرص در سه روز در هفته مصرف نمودند. ۴۸ ساعت قبل و بعد انجام برنامه تمرین  $TNF-\alpha$  و  $IL-1$  به روش الایزا اندازه‌گیری شدند. تجزیه و تحلیل آماری با تحلیل واریانس دوطرفه و آزمون تعقیبی توکی انجام شد.

**یافته‌ها:** نتایج پژوهش بیانگر کاهش معنی‌دار  $TNF-\alpha$  و  $IL-1$  در گروه توام و تمرین به نسبت گروه‌های مکمل و کنترل بود ( $p=0/001$ ). همچنین تفاوت معنی‌داری بین دو گروه کنترل و مکمل مشاهده نشد ( $p=0/109$ ).

**نتیجه‌گیری:** کاهش معنی‌دار  $TNF-\alpha$  و  $IL-1$  در اثر اجرای تمرین قدرتی و مکمل کورکومین باعث ایجاد شرایطی برای کاهش التهاب شده و می‌تواند با عوارض تمرینات سنگین مبارزه نماید.

**واژگان کلیدی:** تمرین مقاومتی، کورکومین، عوامل التهابی و واترپلو.

## مقدمه

واتریلو یکی از ورزش‌های گروهی است که به طور خاص در آب و با توپ برگزار می‌شود و هر تیم متشکل از شش بازیکن و یک دروازه‌بان است. این رشته ورزشی نیازمند مهارت بالای شنا بوده و بازیکنان باید بتوانند در استخرهایی با طول ۳۰ متر به صورت مداوم شنا کنند (عباسی و همکاران، ۱۴۰۳). ویژگی‌های اصلی بازیکنان واتریلو شامل قدرت، سرعت و هماهنگی میان بخش‌های مختلف بدن است، به طوری که حرکات دست‌ها، لگن و پاها همراه با چرخش صحیح در کمر و شانه و قدرت عضلات بازو و آرنج و همچنین مهارت خم کردن دست نقش کلیدی در موفقیت آن‌ها ایفا می‌کند (یوسفی و همکاران، ۱۴۰۴). بررسی‌ها نشان می‌دهد بیشترین میزان آسیب‌دیدگی در این ورزش مربوط به اندام‌های بالاتنه است. عدم اجرای مناسب گرم کردن پیش از تمرین و بی‌توجهی به انجام ریکاوری، خصوصاً پس از تمرینات مقاومتی، به عنوان مهم‌ترین دلایل آسیب دیدگی‌های اسکلتی-عضلانی شناسایی شده‌اند (حسن‌پور و رجبی، ۱۴۰۴). بنابراین، افزایش دانش و مهارت مربیان می‌تواند نقش مؤثری در پیشگیری از آسیب و ارتقای کیفیت ریکاوری ایفا کند. آسیب‌های عضلانی معمولاً با درد، التهاب و افزایش شاخص‌های خونی آسیب عضلانی همراه می‌شود و شدت، مدت و سرعت اجرای فعالیت از جمله عوامل مؤثر بر بروز این آسیب‌ها هستند. افزایش پاسخ التهابی در مواقعی که حجم یا شدت تمرین بالا باشد نیز محتمل است (جهانبخش و همکاران، ۱۴۰۳). مطالعات فیزیولوژیک بیان می‌کند که سازگاری‌ها و اثرات ضدالتهابی حاصل از تمرینات مقاومتی به میزان شدت و مدت اجرای آن بستگی دارد، و کنترل التهاب پس از فعالیت نقش بسزایی در بازسازی عضلات دارد. فرضیه‌های جدید حاکی از آن است که التهاب اولیه از طریق فعالیت مونو سایت‌ها که به عنوان اولین پاسخ‌دهنده‌های ایمنی محسوب می‌شوند، آغاز شده و نقش مهمی در پاسخ فیزیولوژیک بدن دارند. از جمله مهم‌ترین سایتوکاین‌های مرتبط با این فرآیند  $TNF-\alpha$  است که در کنار  $IL-1$  از واسطه‌های دفاع ایمنی در برابر عفونت محسوب شده و می‌تواند با تحریک مکانیسم‌های دفاعی ماکروفاژها، سلول‌های  $NK$  و  $TCD8$ ، مهاجرت گلبول‌های سفید خون و تولید پروتئین‌های مرحله حاد تا حدی بدن را از عفونت‌ها محافظت کند (کریمی و همکاران، ۱۴۰۳). در عین حال، افزایش بیش از اندازه فعالیت این سایتوکاین‌ها در نبود مداخله درمانی ممکن است زمینه‌ساز عفونت گسترده یا شوک شود. یافته‌های پژوهشی سال‌های اخیر همچون مطالعه پیتر و همکاران (۱۴۰۳) نشان داده‌اند که پس از مسابقات نیمه استقامتی، سطوح

$TNF-\alpha$  در سرم شناگران افزایش می‌یابد. همچنین آلفرد و همکاران (۱۴۰۳) نیز افزایش معنی‌دار  $IL-1$  در والیبالیست‌ها را گزارش نموده‌اند. از سوی دیگر تمرینات مقاومتی هم می‌تواند از طریق کمک به کاهش وزن و تقویت روند آنژیوژنز، موجب کاهش پرفشاری خون و بهبود عملکرد رگ‌های خونی شوند (رضایی و همکاران، ۱۴۰۴). شواهد پژوهشی حاکی از آن است که گونه‌های فعال اکسیژن و نیتروژن نقش مهمی در فعال شدن غیرطبیعی فرایند آپوپتوز و بروز بسیاری از آسیب‌های مرتبط با افزایش التهاب ایفا می‌کنند (حسن‌زاده و همکاران، ۱۴۰۴). در مقابل، یافته‌ها نشان می‌دهد که کورکومین دارای خواص ضد استرس اکسیداتیو و ضدالتهابی قابل توجهی است و در فرآیندهای نظیر تکثیر، تمایز و مهاجرت سلولی نقش اساسی دارد. این گستره عملکردی به واسطه تعامل کورکومین با مسیرهای پیام‌دهی درون سلولی ایجاد می‌شود (درویشی و همکاران، ۱۴۰۳). مطالعات مختلف گزارش کرده‌اند که کورکومین توان بالایی در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد و مهار فرایندهای التهابی دارد و در غلظت‌های بالا می‌تواند به‌طور مؤثری رادیکال‌های آزاد را جذب کند، همچنین در غلظت‌های پایین‌تر با فعال یا مهار کردن برخی مسیرهای پیام‌رسانی درون سلول، روند سلامت سلولی را ارتقا می‌دهد (بابایی و همکاران، ۱۴۰۴). نتایج برخی تحقیقات نشان داده است که مصرف کورکومین علاوه بر افزایش عملکرد ورزشی، خستگی ناشی از تمرین را نیز به تاخیر می‌اندازد (نیکوئی و همکاران، ۱۴۰۴). شواهد اخیر بیان می‌کند که ترکیب تمرین ورزشی منظم و مصرف کورکومین می‌تواند موجب بهبود عملکرد قلبی-عروقی، افزایش کارایی بطن چپ و بهبود عملکرد اندوتلیال عروق شود (حق‌گو و همکاران، ۱۴۰۳؛ جمالی و همکاران، ۱۴۰۴). علی‌رغم اینکه جزئیات مکانیسم تنظیم  $TNF-\alpha$  در اثر فعالیت ورزشی به‌درستی مشخص نشده است، مطالعات نشان می‌دهد  $TNF-\alpha$  و  $IL-1$  می‌توانند مسیرهای متابولیکی انرژی را مختل نمایند و کاهش ظرفیت تنفسی میتوکندری ارتباط قوی با افزایش  $TNF-\alpha$  ناشی از تمرین دارد (یوسفی و همکاران، ۱۴۰۴). یافته‌های کارتوننی و همکاران (۲۰۲۳) نیز حاکی از آن است که پس از ۲۴ ساعت فعالیت ورزشی، افزایش مقادیر  $TNF-\alpha$  و  $IL-1$  مشاهده می‌شود (کارتوننی و همکاران، ۲۰۲۳). از سوی دیگر، پژوهش‌ها نشان داده‌اند که چهار هفته تمرین مقاومتی می‌تواند با کاهش سطوح  $TNF-\alpha$  باعث بهبود مسیر تنفسی میتوکندریایی شود (جلیل‌زاده و همکاران، ۱۴۰۳). به نظر می‌رسد تمرینات مقاومتی نقش مؤثری در تحریک پاسخ سایتوکاین‌ها و سرکوب التهاب مرتبط با فعالیت شدید دارند. با این حال، اثرات تمرین

مقاومتی و مصرف کورکومین بر شاخص‌های التهابی، به ویژه در ورزشکاران نیمه حرفه‌ای، کمتر بررسی شده است. شواهد موجود حاکی از آن است که این ترکیب می‌تواند موجب ارتقای سلامتی ورزشکاران و بهبود فرایند ریکاوری شود، اما مطالعات بیشتری برای درک بهتر مکانیسم‌های آن مورد نیاز است. بر همین اساس، این پژوهش به ارزیابی تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی و مصرف مکمل کورکومین بر شاخص‌های التهابی ورزشکاران واترپلو پرداخت.

### روش پژوهش

پژوهش حاضر به روش نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام شد. آزمودنی‌های پژوهش حاضر شامل ۲۴ نفر مرد ورزشکار رشته واترپلو ۱۸ تا ۲۳ ساله ساکن شهر تهران بودند که به طور داوطلبانه از طریق روش نمونه‌گیری هدفمند در دسترس (باشگاه واترپلو شمال شرق) و پس از اخذ رضایت‌نامه کتبی در این پژوهش شرکت کردند. ملاک‌های انتخاب آزمودنی‌ها شامل فعالیت ورزشی منظم در ۶ ماه گذشته، عدم استعمال مواد مخدر، الکل و داروهای خاص، عدم ابتلا به بیماری‌های ریوی، کلیوی، قلبی‌عروقی، فشار خون بالا، عدم درمان با انسولین، عدم انجام هرگونه جراحی و نداشتن رژیم غذایی خاص بود. پس از انجام بررسی‌های اولیه آزمودنی‌ها به طور تصادفی به ۴ گروه کنترل، تمرین مقاومتی، گروه مکمل و گروه تمرین مقاومتی + مکمل (۶ نفر در هر گروه) تقسیم شدند. در این پژوهش، تصادفی‌سازی با استفاده از جدول اعداد تصادفی انجام شد. این جدول، مجموعه

انبوهی از اعداد است که بدون الگو و یا نظم مشخصی و به صورت کاملاً تصادفی تولید شده و به صورت جدول درآمد است. جهت استفاده از جدول اعداد تصادفی ابتدا محقق باید جهت خواندن اعداد جدول را از پیش تعیین کند (مثلاً بالا، پایین، چپ و یا راست). دومین پیش‌فرض محقق در نظر گرفتن اعداد برای گروه‌های مختلف است (به طور مثال اعداد زوج برای مداخله A و اعداد فرد برای مداخله B). سپس محقق بر روی یکی از اعداد دست می‌گذارد و در یکی از جهات از پیش تعیین‌شده حرکت کرده و اعداد را ثبت و به گروه‌های مختلف تخصیص می‌دهد. برای اندازه‌گیری قد و وزن آزمودنی‌ها از ترازو و قدسنج مدل ایران کاوه ساخت کشور ایران استفاده شد. شاخص توده بدنی از طریق فرمول وزن (به کیلوگرم) تقسیم بر مجذور قد (به متر) اندازه‌گیری شد. خون‌گیری مرحله اول بعد از ۱۲ ساعت ناشتایی شبانه از هر چهار گروه تجربی و کنترل انجام شد. ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی، خون‌گیری مرحله دوم بعد از ۱۲ ساعت ناشتایی شبانه نیز انجام شد.

### پروتکل تمرینی

برای برآورد حداکثر قدرت، ابتدا آزمودنی با انتخاب وزنه‌های بسیار سبک خود را گرم کرده و سپس طبق برآورد خود آزمودنی وزنه‌ها انتخاب شدند که آزمودنی بتواند حداقل یک بار و حداکثر ۱۰ بار آن را به صورت کامل و صحیح بلند کند. با جای‌گذاری مقدار وزنه و تعداد تکرارها در فرمول شماره ۱، قدرت بیشینه آزمودنی در هر حرکت به دست آمد (۲۱). جدول شماره ۱.

جدول ۱. پروتکل تمرین مقاومتی

زمان	تعداد جلسات	مدت هر جلسه	تقسیم بندی هر جلسه	ایستگاه‌ها	تعداد ست‌ها و تکرار	شدت	استراحت
۸ هفته	۳ جلسه در هفته	۶۰ دقیقه	جلسه	گرم کردن	۳×۸	۵۵ تا ۸۰ درصد تکرار بیشینه	زمان استراحت بین ایستگاه‌ها، ۳۰ ثانیه و
				پرس سینه با هالتر، بالاسینه با هالتر، زیربغل قایقی، جلو بازو با هالتر، پشت بازو زنجیر، لیفت مرده، سرشانه با هالتر از جلو، پشت پا با دستگاه، اسکات پا و دراز و نشست			زمان استراحت بین هر ست (پایان هر دور)، ۹۰ ثانیه
							سرد کردن

یک تکرار بیشینه (۱RM) آزمودنی‌ها به کمک معادله برزیکی بدست آمد:

$$1 - (\text{تعداد تکرار} \times 0.02)$$

آزمودنی‌های گروه مکمل و تمرین-مکمل، ۱۵۰ میلی گرم مکمل کورکومین را به صورت یک قرص در سه روز در هفته بعد از صرف صبحانه مصرف نمودند (۱۲). کپسول‌های مورد استفاده ساخت شرکت باریج اسانس بود و به صورت هفتگی در اختیار آزمودنی‌ها قرار می‌گرفت. برای جلوگیری از اثر حاد مکمل بر عملکرد ورزشی، بین مصرف مکمل و انجام تمرین مقاومتی فاصله زمانی ۳ ساعته قرار داده شد.

در وضعیت ناشتا از سیاه‌رگ بازویی به میزان ۱۰ سی‌سی در ۲ مرحله پیش از شروع برنامه تمرین و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی نمونه خونی اخذ و در لوله‌های حاوی EDTA جمع‌آوری و سریعاً سانتریفیوژ شد. پلاسما حاصل در لوله‌های مجزا در دمای منهای ۲۰ درجه سانتی‌گراد برای انجام آزمایشات بعدی نگهداری شد. همچنین سطوح سایتوکاین TNF-alpha با استفاده از کیت انسانی شرکت بوستر آمریکا (Human TNF Alpha/Tumor necrosis factor ELISA Kit PicoKine™. Sensitivity: 1pg/ml) و IL-1 با استفاده از کیت انسانی شرکت abcam آمریکا (Human IFN gamma ELISA Kit (ab46025). Sensitivity: 5 pg/ml) و به روش الایزا اندازه‌گیری شد.

برای تجزیه و تحلیل آمار توصیفی و استنباطی داده‌های به دست آمده، از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد. برای توصیف داده‌های تحقیق از شاخص‌های آماری میانگین و انحراف استاندارد استفاده شد. برای آزمون فرضیه‌های تحقیق ابتدا پس از بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها با کمک آزمون شاپیرو-ویلک، جهت تعیین تفاوت‌های میزان تغییرات بین گروه‌ها از روش آماری تحلیل واریانس دوطرفه و در صورت معنی‌داری از آزمون توکی برای تعیین اختلاف بین گروه‌ها به صورت جفت استفاده شد. سطح معناداری آزمون‌های آماری  $P < 0/05$  در نظر گرفته شد.

### یافته‌ها

نتایج آزمون برابری واریانس‌ها و طبیعی بودن توزیع داده‌ها نشان داد که در هر دو متغیر وابسته، سطح معناداری از ۰/۰۵ بیشتر است؛ بنابراین، واریانس‌ها برابر هستند و توزیع، طبیعی است. در شروع تحقیق تفاوت معنی‌داری بین میانگین وزنی گروه‌های مورد مطالعه وجود نداشت ( $P \leq 0.001$ ). برخی ویژگی‌های آن‌ها در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. ویژگی‌های موش‌های نر صحرایی در گروه‌های پژوهش

سن (سال)	قد (سانتی متر)	وزن (کیلوگرم)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	چربی (درصد)
۲۰/۱۱±۳/۷۸	۱۸۹/۶۵±۶/۸۶	۸۹/۰۹±۷/۵۹	۲۲/۷۸±۳/۷۸	۱۰/۳۵±۱/۱۹
۲۱/۷۸±۳/۳۸	۱۹۴/۲۸±۶/۴۴	۸۸/۳۲±۵/۷۱	۲۳/۳۹±۲/۸۹	۹/۱۱±۱/۳۴
۲۰/۰۱±۴/۴۴	۱۹۰/۷۶±۸/۲۱	۸۹/۵۳±۶/۹۱	۲۳/۰۵±۵/۵۲	۸/۹۹±۱/۹۸
۲۰/۰۵±۲/۷۲	۱۹۱/۰۵±۸/۵۲	۸۸/۲۳±۵/۶۷	۲۲/۰۵±۴/۵۲	۹/۰۱±۱/۳۵

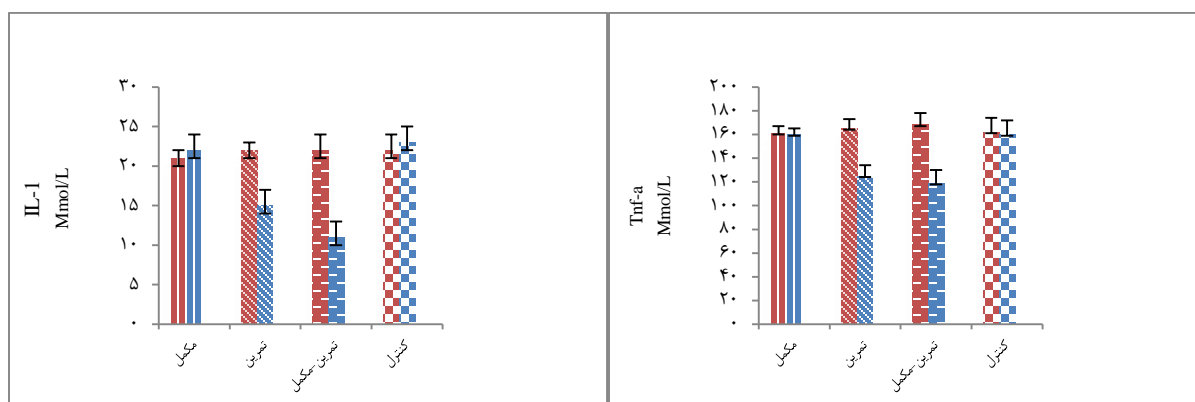
تحلیل واریانس دوره‌ها برای مقایسه مقادیر سرمی IL-1 و TNF-α آزمودنی‌ها در ۴ گروه پژوهش تفاوت معنی‌داری را نشان داد ( $p = 0.001$ ). نتایج آزمون تعقیبی بیانگر کاهش معنی‌دار TNF-α و IL-1 در گروه ترکیبی و تمرین به نسبت گروه‌های مکمل و کنترل بود ( $p = 0.001$ ). همچنین تفاوت معنی‌داری بین دو گروه کنترل و مکمل مشاهده نشد ( $p = 0.266$ ).

جدول ۲. نتایج آزمون آنالیز واریانس دوره‌ها برای متغیرهای پژوهش

ANOVA	مجموع مجزورات	درجه آزادی	میانگین مجزورات	F	Sig	مجذور آتا
تمرین	۲۸/۳۰۵	۳	۲۸/۳۰۵	۸۵۱/۲	* ۰/۰۰۱	۰/۹۷۶
مصرف مکمل	۹۷/۸۱۱	۳	۹۷/۸۱۱	۲۹۴۲/۶	۰/۳۲۱	۰/۲۰۸
تمرین × مکمل	۳/۱۶۰	۳	۳/۱۶۰	۹۵/۱	* ۰/۰۰۱	۰/۸۱۹

			۰/۰۳۳	۳۱	۰/۶۹۸	خطا
			۲۸/۳۰۵	۳۲	۲۳۳/۴۷۱	کل
<b>TNF-<math>\alpha</math></b>	تمرین	۴۰۳۲/۱	۲۶/۷۰۸	۳	۲۶/۷۰۸	تمرین
	مصرف مکمل	۸۳۲۸/۲	۵۵/۱۶۳	۳	۵۵/۱۶۳	مصرف مکمل
	تمرین × مکمل	۲۱۴/۳	۱/۴۲۲	۳	۱/۴۲۲	تمرین × مکمل
	خطا		۰/۰۰۷	۳۱	۰/۱۳۹	خطا
	کل		۲۶/۷۰۸	۳۲	۱۴۴/۰۶۹	کل

\* تفاوت معنی دار



شکل ۱. میانگین مقادیر IL-1 و TNF- $\alpha$  در چهار گروه پژوهش.

۱۴۰۴). همچنین این مولکول با تحریک بیان MMP ها و اینتگرین‌ها، روند متاستاز و تکثیر سلولی را تسهیل می‌کند و از طریق بیان VEGF نیز می‌تواند فعالیت‌های پروآنژیوژنیک و رگ‌زایی را توسعه دهد که در نهایت کاهش التهاب را به دنبال دارد (خدابنده و همکاران، ۱۴۰۴).

مطالعات مختلف نشان داده‌اند، پاسخ معمول TNF- $\alpha$  به تمرین مقاومتی یا تغییر نمی‌کند یا کاهش می‌یابد و تأثیر مشاهده شده در پژوهش حاضر را باید به مصرف همزمان کورکومین نسبت داد. فعالیت بدنی بلندمدت به القای فرایند تبدیل تارهای عضلانی منجر می‌شود که خود با کاهش بیان TNF- $\alpha$  ارتباط دارد؛ به‌ویژه که تعداد تارهای تندانقباض با افزایش سن کاهش می‌یابد و این سازگاری بیشتر در افراد جوان دیده می‌شود (موسوی و همکاران، ۱۴۰۳). بررسی سوشی و همکاران (۲۰۲۳) نیز کاهش بیان TNF- $\alpha$  پس از تمرین قدرتی با شدت متوسط را در عضله نعلی هر دو گروه جوان و سالمند گزارش کرد (فرخنده و همکاران، ۱۴۰۴). همچنین مک‌کارتی و همکاران (۲۰۲۳) افزایش فاکتورهای آنژیوژنیک را در عضله زیربحث نشان داده‌اند که با نتایج حاضر

## بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد کاهش معنی‌دار TNF- $\alpha$  و IL-1 در گروه‌های تمرین+مکمل و تمرین نسبت به گروه‌های مکمل و کنترل وجود داشت. ( $p = 0.01$ ) همچنین، تفاوت معنی‌داری بین دو گروه کنترل و مکمل مشاهده نشد. ( $p = 0.155$ ) این موضوع نشان می‌دهد انجام تمرین مقاومتی به تنهایی یا همراه با مصرف کورکومین می‌تواند سطح سایتوکاین‌های پیش‌التهابی را کاهش دهد. در همین راستا، پژوهش دروموند و همکاران (۲۰۲۴) که بر مردان سالم جوان و سالمند انجام شد، نشان داد در هر دو گروه افزایش IL-1 و کاهش TNF- $\alpha$  پس از تمرین مقاومتی و دریافت کورکومین مشاهده می‌شود، اما کاهش TNF- $\alpha$  تنها در افراد جوان معنادار بود که بیانگر نقش سن در پاسخ به تمرین است (کریمی و همکاران، ۱۴۰۳). تحقیقات دیگر تأیید می‌کنند TNF- $\alpha$  به عنوان سایتوکاین پیش‌التهابی، همبستگی مستقیم با وضعیت التهابی بدن دارد و در فرآیندهای پیش‌برنده آنژیوژنز و همچنین القای بیان سایتوکاین‌هایی چون IL-8، IL-6 و مولکول‌های چسبان مانند VCAM مشارکت دارد (حسین‌زاده و همکاران،

هایپرتروفی عضله است. عوامل تعیین کننده کاهش التهاب در پاسخ به تمرینات ورزشی به درستی شناخته نشده‌اند. این احتمال وجود دارد که کاهش آن در اثر اجرای تمرین مقاومتی بیانگر آثار آن در بافت عضلانی و هایپرتروفی عضلانی و ایجاد یک محیط آنابولیک باشد. بنابراین، مطالعه حاضر نشان داد که تمرین مقاومتی و مصرف مکمل کورکومین می‌تواند بر عوامل التهابی تأثیر بگذارد.

## تشکر

بدینوسیله از اساتید و مدیریت دانشگاه آزاد واحد تهران مرکز که در انجام این مطالعه کمال همکاری را داشته‌اند سپاسگزاری می‌گردد.

## References

- Aboudeya, H. M., Abdou, A. S., Attia, M. M., Shaker, S. A., & Younis, S. A. (2024). Possible role of moderate exercise training in modulating gene expression of adipose tissue remodeling markers in obese male rats. *Sport Sciences for Health*, 1–14.
- Almeida, H., Lage, V., Taiar, R., Santos, J., Paula, F. d., Rapin, A., et al. (2024). Effect of whole-body vibration stimulation on plasma soluble TNF receptors in elderly with sarcopenia: A randomized controlled trial. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 57, e13282.
- Allsopp, G. L., Addinsall, A. B., Stephenson, G., Basheer, F., Gatta, P. A. D., Hoffmann, S. M., et al. (2024). The chronic leukocyte and inflammatory cytokine responses of older adults to resistance training in normobaric hypoxia; a randomized controlled trial. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 16(1), 102.
- Basiri, P., Khodaei, K., & Toloei-azar, J. (2024). The effect of low-intensity TRX suspension training with blood flow restriction on serum levels of angiogenesis factors VEGF, HIF-1, and body composition in active female. *Journal of Health Research in Community*, 10(2), 27–38.
- Cheng, X., & Yang, Z. (2024). Effect of resistance training on inflammatory markers in middle-aged and older adults: A meta-

مطابقت دارد و بیانگر نقش فعال‌سازی برنامه تبدیل زنجیره سنگین میوزین در این فرآیندهاست (یوسفی و همکاران، ۱۴۰۴).

تأثیر مثبت تمرین مقاومتی و کورکومین بر شاخص‌های التهابی سرمی و اترپلوکاران با پژوهش گاوین (۲۰۲۳) همسو بوده اما با یافته‌های ویو (۲۰۱۹) و شن (۲۰۲۲) تفاوت دارد (کریمی و همکاران، ۱۴۰۳). شن و همکاران کاهش IL-1 را ناشی از انقباضات عضلانی می‌دانند، در حالی که ویو نشان داد شرایط خاص مثل ایسکمی در کاهش بیان این پروتئین نقش دارند. از سوی دیگر، اثر متابولیت‌هایی چون آدنوزین بر کاهش التهاب مشخص است، اما نقش مستقیم آنها بر TNF- $\alpha$  و سایر مسیرهای بیوشیمیایی نیازمند پژوهش بیشتر است (مقدم و همکاران، ۱۴۰۴).

افزایش شدت تمرین با تقویت جریان و سرعت خون، فشار برشی عروق را بالا برده که این امر، از طریق فعال‌سازی کانال‌های پتاسیمی و تقویت ترشح نیتریک اکساید، موجب بهبود عملکرد اندوتلیال می‌شود (خداوند و همکاران، ۱۴۰۴). فشار برشی همچنین با تنظیم mRNA اینترگرین‌ها و اتصال به لیگاندهای خارج سلولی نقش کلیدی در سلامت عروق ایفا می‌کند (یحیی زاده و همکاران، ۱۴۰۴). کاهش TNF- $\alpha$  در پی فعالیت ورزشی از طریق چندین مکانیسم، از جمله کاهش التهاب مستقیم، اثرگذاری بر مسیرهای سلولی و نقش فاکتورهای رشدی صورت می‌گیرد (عباسی و همکاران، ۱۴۰۴). در این میان، نقش افزایش IGF-1 به عنوان عاملی برای کاهش آتروفی عضلانی و حفظ عملکرد میتوکندری مطرح شده است (جمشیدیان و همکاران، ۱۴۰۳). نتایج فعلی همچنین این احتمال را مطرح می‌کنند که با کاهش TNF- $\alpha$  و IL-1 پلاسما، مهار مستقیم مسیر کاسپاز-۳ و آپوپتوز صورت گرفته باشد (مسعودی و همکاران، ۱۴۰۳).

به طور کلی، با توجه به یافته‌های حاضر، هشت هفته تمرین مقاومتی همراه با مصرف کورکومین می‌تواند واکنش‌های التهابی را کاهش داده و به محافظت در برابر اختلال عملکردی ناشی از التهاب کمک کند؛ هرچند مکانیسم دقیق آن به عوامل متعددی از جمله نوع فعالیت، تارهای عضلانی، سطوح فاکتورهای رشدی و مسیرهای پیام‌دهی سلولی وابسته است

## نتیجه گیری

این تحقیق به وضوح اهمیت تمرین مقاومتی و مصرف مکمل کورکومین را در کاهش التهاب ناشی از فعالیت‌های را نشان می‌دهد. علاوه بر این، اثر مستقیم تمرین مقاومتی و فراهمی کورکومین بعد از تمرین بر سیگنال TNF- $\alpha$  نشان دهنده اثر مهمی بر رشد و

- (2016). High-intensity resistance training attenuates dexamethasone-induced muscle atrophy. *Muscle & Nerve*, 53(5), 779–788.
- Kurhaluk, N. (2023). The effectiveness of L-arginine in clinical conditions associated with hypoxia. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(9), 8205.
- Lee, D. Y., & Shin, S. (2022). Sarcopenia is associated with metabolic syndrome in Korean adults aged over 50 years: A cross-sectional study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 1330.
- Liao, C. D., Wu, Y. T., Tsao, J. Y., Chen, P. R., Tu, Y. K., Chen, H. C., et al. (2020). Effects of protein supplementation combined with exercise training on muscle mass and function in older adults with lower-extremity osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Nutrients Journal of the American Geriatrics Society*, 65, 827–832.
- Morcillo-Losa, J. A., Díaz-Martínez, M. d. P., Ceylan, H. İ., Moreno-Vecino, B., Bragazzi, N. L., & Párraga Montilla, J. (2024). Effects of high-intensity interval training on muscle strength for the prevention and treatment of sarcopenia in older adults: A systematic review of the literature. *Journal of Clinical Medicine*, 13(5), 1299.
- Moriwaki, M., Wakabayashi, H., Sakata, K., & Domen, K. (2019). The effect of branched chain amino acids-enriched nutritional supplements on activities of daily living and muscle mass in inpatients with gait impairments: A randomized controlled trial. *Journal of Nutrition, Health & Aging*, 23, 348–353.
- Neinast, M., Murashige, D., & Arany, Z. (2019). Branched chain amino acids. *Annual Review of Physiology*, 81, 139–164.
- Nobahar, M., Ahmadi, F., & Harijani, S. M. (2024). The effect of a period of detraining followed by resistance training on fibrosis, angiogenesis, and cardiac dimensions of male Wistar rats. *Journal of Shahrekord analysis. Archives of Gerontology and Geriatrics*, 105536.
- Cochet, C., Belloni, G., Buondonno, I., Chiara, F., & D'Amelio, P. (2023). The role of nutrition in the treatment of sarcopenia in old patients: from restoration of mitochondrial activity to improvement of muscle performance, a systematic review. *Nutrients*, 15(17), 3703.
- Cunha, P. M., Werneck, A. O., Dos Santos, L., Oliveira, M. D., Zou, L., Schuch, F. B., et al. (2024). Can resistance training improve mental health outcomes in older adults? A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Psychiatry Research*, 115746.
- Elgizawy, E. I., Amer, G. S., Ali, E. A., Alqalashy, F. S., Ibrahim, M. M., Latif, A. A., et al. (2024). Comparing the efficacy of concomitant treatment of resistance exercise and creatine monohydrate versus multiple individual therapies in age related sarcopenia. *Scientific Reports*, 14(1), 9798.
- Fielding, R. A., Atkinson, E. J., Aversa, Z., White, T. A., Heeren, A. A., Mielke, M. M., et al. (2024). Biomarkers of cellular senescence predict the onset of mobility disability and are reduced by physical activity in older adults. *The Journals of Gerontology: Series A*, 79(3), glad257.
- Fritz, R., Bóday, P., Maszlag, A., Mayer, L., & Fritz, P. (2024). Effects of a dietary supplement containing collagen-L-arginine-hyaluronic acid on general health in elderly patients with musculoskeletal complaints. *Journal of Orthopaedics and Sports Medicine*, 6(1), 48–61.
- Gökçe, E., Kaushal, N., Fontanille, T., Vranceanu, T., Saillant, K., Vints, W. A., et al. (2024). The mediating role of lower body muscle strength and IGF-1 level in the relationship between age and cognition. A MIDUS substudy. *Experimental Gerontology*, 189, 112399.
- Krug, A. L., Macedo, A. G., Zago, A. S., Rush, J. W., Santos, C. F., & Amaral, S. L.

- promoted by aerobic exercise training in rats. *Physiological Genomics*, 43(11), 665–673.
- Ter Borg, S., Luiking, Y. C., van Helvoort, A., Boirie, Y., Schols, J., & de Groot, C. (2019). Low levels of branched chain amino acids, eicosapentaenoic acid and micronutrients are associated with low muscle mass, strength and function in community-dwelling older adults. *Journal of Nutrition, Health & Aging*, 23, 27–34.
- Timouri, A., Rozbahani, A., & Karimi Mehr, Z. (2023). The effect of eight weeks of increasing resistance training and nanoliposome BCAA supplementation on MiR-200a, HSP60, soleus muscle mitochondrial gene expression, and serum IGF-1 in aged male rats. *Metabolism and Sports Activity*, 13(2), 101–114.
- Tsai, C.-L., Chen, Z.-R., Chia, P.-S., Pan, C.-Y., Tseng, Y.-T., & Chen, W.-C. (2024). Acute resistance exercise combined with whole body vibration and blood flow restriction: Molecular and neurocognitive effects in late-middle-aged and older adults. *Experimental Gerontology*, 192, 112450.
- Xue, J., Han, X., Zheng, Y., & Zhang, Q. (2024). Effectiveness of resistance training in modulating inflammatory biomarkers among Asian patients with sarcopenia: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in Immunology*, 15, 1385902.
- Yoshimura, Y., Bise, T., Shimazu, S., Tanoue, M., Tomioka, Y., Araki, M., Nishino, T., Kuzuhara, A., & Takatsuki, F. (2019). Effects of a leucine-enriched amino acid supplement on muscle mass, muscle strength, and physical function in post-stroke patients with sarcopenia: A randomized controlled trial. *Nutrition*, 58, 1–6.
- University of Medical Sciences, 26(2), 67–72.
- Oliveira, V., Borsari, A. L., Cardenas, J., Alves, J. C., Castro, N. F., Marinello, P. C., et al. (2021). Low agreement between initial and revised European consensus on definition and diagnosis of sarcopenia applied to people living with HIV. *JAIDS—Journal of Acquired Immune Deficiency Syndromes*, 86, e106–e113.
- Razavi Dehkordi, S. M., Keshavarz, S., Banaei Borojeni, J., & Eftekhari, E. (2024). The effect of eight weeks of combined exercises on the expression of HIF1, VEGF, UCP1 genes, and the body composition of overweight elderly men. *Journal of Research in Behavioural Sciences*, 21(4), 729–740.
- Sepúlveda-Lara, A., Sepúlveda, P., & Marzuca-Nassr, G. N. (2024). Resistance exercise training as a new trend in Alzheimer’s disease research: From molecular mechanisms to prevention. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(13), 7084.
- Shiraseb, F., Asbaghi, O., Bagheri, R., Wong, A., Figueroa, A., & Mirzaei, K. (2022). Effect of l-arginine supplementation on blood pressure in adults: a systematic review and dose–response meta-analysis of randomized clinical trials. *Advances in Nutrition*, 13(4), 1226–1242.
- Simms, A.-G., Signorile, J. F., Gameiro, G. R., Allaf, A. M., Wang, J., & Jiang, H. (2024). Choriocapillaris perfusion after 8 weeks of high-speed circuit training in older healthy adults. *Current Eye Research*, 1–7.
- Soci, U. P. R., Fernandes, T., Hashimoto, N. Y., Mota, G. F., Amadeu, M. A., Rosa, K. T., et al. (2017). MicroRNAs 29 are involved in the improvement of ventricular compliance