

The Effect of 12 Weeks of Multi-Component Exercise Training on Serum Levels of Interferon-Gamma and Interleukin-17 in Healthy Elderly Men

Zahra Samari Ebrahimzadeh^{ID}, Akbar Azamian Jazi^{ID}, Mohsen Akbarpour Beni^{ID}

Department of Sport Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

Department of Sport Sciences, Qom University, Qom, Iran

Abstract

Background and Purpose: The aging process is associated with a state of chronic low-grade systemic inflammation, characterized by elevated serum levels of inflammatory markers such as interleukin-17 (IL-17) and interferon-gamma (IFN- γ). IFN- γ , a pro-inflammatory cytokine primarily produced by Th1 and CD4⁺ T cells, natural killer (NK) cells, and CD8⁺ T cells, serves as the primary activator of macrophages and plays a crucial role in both innate and adaptive cell-mediated immunity against intracellular pathogens. Considering the role of chronic inflammation in the development of age-related diseases and the importance of regulating inflammatory mediators, such as IFN- γ and IL-17, to improve the health of older adults, this study aimed to provide scientific evidence for the effectiveness of exercise interventions in reducing inflammation and promoting health in this population. Accordingly, the present study investigated the effects of a 12-week multicomponent exercise program, including aerobic, resistance, balance, and flexibility training, on serum levels of these cytokines in older men.

Materials and Methods: This was a quasi-experimental, two-group study with pre- and post-test measurements. The statistical population comprised older men from Qom city. Thirty-six selected participants (mean age 66.88 ± 3.96 years) were randomly assigned to either the multi-component exercise group ($n=18$) or the control group ($n=18$). The exercise program, following the ACSM guidelines for older adults, was structured over 12 weeks with three sessions per week, incorporating a gradual progression in intensity tailored to participants' capacities. Each exercise session included a 10-minute warm-up, the main exercise component (resistance, aerobic, and balance exercises), and a five-minute cool-down. Five milliliters of blood were drawn from the antecubital vein after a 12-hour overnight fast, and IFN- γ and IL-17 levels were measured using the ELISA laboratory method. Statistical analysis was performed using two-way repeated measures ANOVA with SPSS software, with a significance level set at $p < 0.05$.

Results: The multi-component exercise program resulted in a significant decrease in serum levels of both Interferon-Gamma ($p < 0.001$) and Interleukin-17 ($p = 0.001$). Specifically, in the exercise group, IFN- γ and IL-17 levels decreased by 23.20% and 53%, respectively. In contrast, no significant changes in the levels of these two cytokines were observed in the control group during the study period.

Conclusion: The findings of this research clearly demonstrate that a 12-week multi-component exercise program, encompassing resistance, aerobic, and balance training, can effectively reduce key inflammatory markers such as Interferon-gamma and Interleukin-17 in older men. Therefore, these types of exercises can serve as a safe, effective, and non-pharmacological strategy for modulating immune responses, controlling chronic inflammation, and ultimately promoting overall health in the older adult population.

Keywords: Multi-component exercise, Interferon-gamma, Interleukin-17, Older men

How to cite this article: Samari Ebrahimzadeh, Z., Azamian Jazi, A., Akbarpour Beni, M. The Effect of 12 Weeks of Multi-Component Exercise Training on Interferon-Gamma and Interleukin-17 Levels in Elderly Men. J Sport Exerc Physiol. 2025;00(1):1-?.

*Corresponding Author's E-mail: azamianakbar@yahoo.com

<https://doi.org/10.48308/joeppa.2025.240980.1386>

Received: 04/08/2025

Revised: 05/09/2025

Accepted: 14/09/2025

نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی
۱۴۰۴، دوره ۰۰، شماره ۱، صفحه‌های ۹-؟

مقاله پژوهشی

تأثیر ۱۲ هفته تمرین ورزشی چند جزئی بر سطوح سرمی اینترفرون گاما و اینترلوکین-۱۷ در مردان سالمند

زهرا ثمری ابراهیم زاده^{id}، اکبر اعظمیان جزی^{id}، محسن اکبرپور بنی^{id}

گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه قم، قم، ایران

چکیده

زمینه و هدف: فرآیند پیری با یک وضعیت التهاب سیستمیک درجه خفیف مزمن در ارتباط است و این التهاب با افزایش سطوح سرمی برخی از نشانگرهای التهابی شامل اینترلوکین-۱۷ (IL-17) و اینترفرون گاما (IFN- γ) مشخص می‌شود. IFN- γ یکی از سایتوکاین‌های پیش التهابی است که عمدتاً توسط سلول‌های Th1 و TCD4، سلول‌های کشنده طبیعی (NK) و سلول‌های TCD8 تولید می‌شود. IFN- γ سایتوکاین اصلی فعال‌کننده ماکروفاژ است و در ایمنی ذاتی و اکتسابی با واسطه‌ی سلولی بر علیه میکروب‌های داخل سلول نقش اساسی بر عهده دارد. با توجه به نقش التهاب مزمن در بروز بیماری‌های مرتبط با سالمندی و اهمیت کنترل عوامل التهابی مانند IFN- γ و IL-17 در بهبود سلامت سالمندان، این مطالعه به دنبال ارائه شواهد علمی برای اثربخشی مداخله ورزشی در کاهش التهاب و ارتقای سلامت این گروه سنی است. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین ورزشی چندجزئی (شامل تمرینات هوازی، مقاومتی، تعادلی و انعطاف‌پذیری) بر سطوح سرمی این سایتوکین‌ها در مردان سالمند انجام شد.

مواد و روش‌ها: پژوهش حاضر به صورت نیمه تجربی و دو گروهی با اندازه‌گیری دو مرحله‌ای (پیش و پس‌آزمون) انجام شد. جامعه آماری این مطالعه را مردان سالمند شهر قم تشکیل دادند و آزمودنی‌های انتخاب شده (۳۶ مرد سالمند با میانگین سن $66/88 \pm 3/96$ سال) به صورت تصادفی به دو گروه تمرین چند جزئی (۱۸ نفر) و کنترل (۱۸ نفر) تقسیم شدند. برنامه تمرین بر اساس راهنمای تمرین ACSM برای افراد سالمند شامل تمرین با افزایش تدریجی شدت بر اساس توانایی شرکت‌کنندگان به مدت ۱۲ هفته و سه جلسه در هفته تنظیم شد. هر جلسه تمرین شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن، بخش اصلی تمرین (اجرای تمرینات مقاومتی، هوازی و تعادلی) و پنج دقیقه برگشت به حالت اولیه بود. نمونه‌های خون به میزان پنج میلی‌لیتر از ورید قدامی بازویی بعد از ۱۲ ساعت ناشتایی گرفته شد و سطوح IFN- γ و IL-17 با روش آزمایشگاهی ELISA اندازه‌گیری شدند. تحلیل آماری داده‌ها با آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر دوطرفه و با استفاده از نرم‌افزار SPSS در سطح معناداری $p < 0/05$ انجام شد.

نتایج: تمرینات چند جزئی منجر به کاهش معنادار سطح اینترفرون گاما ($p = 0/000$) و سطح اینترلوکین-۱۷ ($p = 0/001$) شد. به طوری که میزان اینترفرون گاما و اینترلوکین-۱۷ در گروه تمرین به ترتیب ۲۳/۲۰ درصد و ۵۳ درصد کاهش یافت، در حالی که این تغییرات در گروه کنترل از نظر آماری معنادار نبود. در حالی که، در گروه کنترل هیچ تغییر معناداری در سطح این دو سایتوکین طی دوره مطالعه مشاهده نگردید.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این پژوهش نشان از آن دارد که یک برنامه ۱۲ هفته‌ای تمرین ورزشی چند جزئی، شامل تمرین مقاومتی، هوازی و تعادلی، قادر است به شکل مؤثری منجر به کاهش نشانگرهای التهابی کلیدی مانند اینترفرون گاما و اینترلوکین-۱۷ در مردان سالمند شود. بنابراین، این نوع تمرینات می‌توانند به عنوان یک استراتژی غیردارویی، ایمن و کارآمد برای تعدیل پاسخ‌های ایمنی، کنترل التهاب مزمن و در نهایت ارتقای سلامت عمومی در جمعیت سالمند مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: تمرین ورزشی چند جزئی، اینترفرون-گاما، اینترلوکین-۱۷، مردان سالمند

نحوه استناد به این مقاله: ثمری ابراهیم زاده، زهرا، اعظمیان جزی، اکبر، اکبرپور بنی، محسن. تاثیر ۱۲ هفته تمرین ورزشی چند جزئی بر سطوح اینترفرون گاما و اینترلوکین-۱۷ در مردان سالمند. نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی. نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی. ۱۴۰۴؛ ۱۰۰(۱): ۱-۹.

* رایانامه نویسنده مسئول: azamianakbar@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۲۳ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۶/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۳

فرآیند پیری^۱ که به عنوان کاهش عملکرد به واسطه گذر زمان در اکثر موجودات زنده تعریف شده است، حس کنجکاوی و هیجان بشر را در سراسر طول تاریخ به خود جذب کرده است. برخی از مطالعات حاکی از این است که فرآیند پیری با یک وضعیت التهاب سیستمیک درجه خفیف مزمن^۲ در ارتباط است و با افزایش سطوح سرمی برخی از نشانگرهای التهابی شامل اینترلوکین-۱۷ (IL-17) و اینترفرون گاما (IFN- γ)^۳ مشخص می شود [۱]. افزایش نشانگرهای التهابی احتمالاً با افزایش بافت چربی به ویژه چربی احشایی و افزایش آسیب اکسیداتیو همراه بوده [۲] و در نهایت، موجب افزایش خطر ابتلا به بیماری‌هایی مانند بیماری‌های قلبی-عروقی، سرطان و بیماری‌های شناختی در افراد سالمند می شود [۱]. به نظر می رسد که با افزایش سن، سرعت سنتز پروتئین‌های انقباضی عضلات، نوسازی پروتئین کل بدن، سنتز پروتئین‌های زنجیره سنگین میوزین میتوکندریایی کاهش می یابد [۳]. از جمله عوامل دیگر در این زمینه، افزایش سایتوکاین‌های التهابی می باشد. همه این عوامل توانایی ایجاد پاسخ‌های ایمنی محافظتی علیه عفونت‌ها را در افراد سالمند کاهش می دهد که منجر به افزایش مرگ و میر و بیماری‌زایی ناشی از عفونت‌ها و سرطان می شود. افزایش حساسیت به عفونت‌ها و همچنین کارایی ضعیف در سالمندان نشان دهنده نقص در ایمنی تطبیقی و از جمله پاسخ‌های سلول‌های T و B است [۴]. سلول‌های متعددی از جمله سلول‌های لنفاوی، التهابی و خون‌ساز در شکل‌گیری یک پاسخ ایمنی مؤثر نقش دارند. برهم‌کنش پیچیده بین این سلول‌ها به گروهی از پروتئین‌ها وابسته است که سایتوکاین نام دارند و نقش ارتباطی بین سلول‌ها بازی می کنند [۵]. در شرایط التهابی، سطوح سایتوکاین‌های پیش‌التهابی در خون افزایش می یابد و از طرف دیگر، سایتوکاین‌های ضدالتهابی کاهش می یابند [۶].

IFN- γ یکی از سایتوکاین‌های پیش‌التهابی است که عمدتاً توسط سلول‌های Th1 و TCD4، سلول‌های کشنده طبیعی (NK) و سلول‌های TCD8 تولید می شود [۶]. IFN- γ سایتوکاین اصلی فعال‌کننده‌ی ماکروفاژ است و در ایمنی ذاتی و اکتسابی با واسطه‌ی سلولی بر علیه میکروب‌های داخل سلول نقش اساسی بر عهده دارد. IFN- γ از مهم‌ترین سایتوکاین‌هایی است که در فرآیند التهاب نقش دارد و با اتصال به گیرنده خود باعث فعال شدن مسیر JAK/STAT در داخل سلول می شود [۷]. از سوی دیگر، IFN- γ یک سایتوکاین پیش‌التهابی با یک نقش مهم در تنظیم پاسخ‌های ایمنی است و به عنوان یکی از فعال‌کننده‌های ماکروفاژها با عملکردهای مختلف ضد باکتریایی و ضد ویروسی در نظر گرفته شده است [۷].

گروهی دیگر از سایتوکاین‌ها، اینترلوکین‌ها هستند. این پروتئین‌ها از نظر نوع و عملکرد، دارای تنوع و فراوانی بسیاری می باشند. سلول‌های Th17 سایتوکاین‌هایی ترشح می کنند که موجب حرکت لوکوسیت‌ها و به ویژه نوتروفیل به محل‌های التهاب می شوند که اکثر اعمال التهابی این سلول‌ها توسط IL-17 میانجی‌گری می شود. IL-17 یک سایتوکاین پیش‌التهابی است که در سلول‌های مختلفی از جمله لنفوسیت‌ها و سلول‌های میکروگلیا بیان می شود [۸]. نقش‌های IL-17 می تواند متنوع و پیچیده باشد به طوری که گزارش شده است سطح این سایتوکاین در بیماری‌های التهابی نظیر آسم، سرطان پروستات و اختلالات التهابی مفاصل افزایش پیدا می کند [۹]. در پژوهشی، اثر شش ماه فعالیت بدنی را روی مردان و زنان با میانگین سنی ۵۸ سال مورد بررسی قرار دادند و نتایج تحقیق نشان داد که سطوح سایتوکاین‌های مختلفی از جمله IFN- γ به دنبال ورزش کاهش می یابد [۱۰]. در مقابل، در تحقیق ماچادو و همکاران (۲۰۲۱)، اثر سه روش تمرینی (گروه اول تمرین مقاومتی، گروه دوم تمرین ایروبیکی در آب و گروه سوم ترکیب تمرین مقاومتی و ایروبیکی در آب) بر سطح اینترلوکین-۱۷ و اینترفرون گاما در زنان مسن مورد ارزیابی قرار گرفت، نتایج این تحقیق نشان داد که این نوع تمرینات مقاومتی و هوازی بیان ژن سایتوکاین‌های پیش‌التهابی IL-17 و IFN- γ را افزایش داده است [۱۱]. شیمیزو و همکاران (۲۰۰۸) اثر شش ماه فعالیت ورزشی متوسط تمرین مقاومتی و تمرین استقامتی را در مردان و زنان سالمند مورد بررسی قرار دادند و مشاهده کردند اینترفرون گاما در گروه تمرین به طور قابل توجهی بالاتر بود [۱۲].

^۱Ageing

^۲ Chronic low-grade systemic inflammation

^۳ Interleukin-17

^۴ Interferon-gamma

گرچه به طور کلی تمرینات ورزشی در کاهش عوامل التهابی نقش دارند [۱۳]، با این حال، اغلب پژوهش‌های پیشین با اتخاذ یک رویکرد تک‌بعدی، به بررسی تأثیر یک نوع خاص از تمرین (مانند هوازی یا مقاومتی به تنهایی) بر سیستم ایمنی پرداخته‌اند. این در حالی است که سالمندی یک پدیده‌ی چندوجهی است که با افت همزمان در چندین سیستم فیزیولوژیک همراه است. بنابراین، یک برنامه تمرینی تک‌جزئی ممکن است نتواند به طور کامل به این مجموعه از چالش‌های فیزیولوژیک پاسخ دهد. همچنین از میان انواع فعالیت‌های جسمانی، تأثیر تمرینات ورزشی چند جزئی (مقاومتی، هوازی و تعادلی) بر روی سایتوکاین‌های التهابی از جمله $IFN-\gamma$ و $IL-17$ به‌ویژه در سالمندان کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. بنابراین، با توجه به وجود نتایج ضد و نقیض در خصوص تأثیر تمرین بر سطح $IFN-\gamma$ و $IL-17$ و همچنین عدم وجود تحقیقات کافی در خصوص تأثیر تمرینات چند جزئی بر فاکتورهای التهابی $IFN-\gamma$ و $IL-17$ و عدم دسترسی به مطالعات جامع روی مردان سالمند این سؤال مطرح است که آیا واقعاً ترکیب این سه نوع تمرین ورزشی می‌تواند از آثار نامطلوبی که در دوران سالمندی رخ می‌دهد، بکاهد؟ به همین دلیل انجام مطالعه حاضر ضروری به نظر می‌رسد. از این رو، هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین ورزشی چند جزئی بر سطوح $IL-17$ و $IFN-\gamma$ در مردان سالمند بود.

روش پژوهش

پژوهش حاضر در قالب یک طرح نیمه تجربی تصادفی و دو گروهی با اندازه‌گیری دو مرحله‌ای (پیش و پس‌آزمون) انجام شد. جامعه آماری این مطالعه را مردان سالمند شهر قم تشکیل دادند و معیارهای ورود به مطالعه عبارت بودند از: سن ۶۰ تا ۷۵ سال و عدم شرکت در فعالیت ورزشی منظم و برنامه‌ریزی‌شده طی شش ماه گذشته و نیز عدم وجود مشکل سلامتی مطابق با سوابق پزشکی و معاینات سلامتی. همچنین معیارهای خروج از مطالعه شامل: تمایل شخصی آزمودنی‌ها بر قطع مشارکت، غیبت در آزمون‌ها و غیبت بیش از دو جلسه در تمرینات ورزشی، رژیم دارویی خاص یا شرایط تغذیه‌ای یا بروز ناتوانی حرکتی بود. پس از توزیع فرم همکاری شرکت در طرح تحقیقاتی در بین آزمودنی‌ها، اهداف تحقیق و روش‌های اندازه‌گیری توسط محقق برای آنها شرح داده شد. سپس، فرم رضایت‌نامه آگاهانه و پرسش‌نامه سابقه پزشکی و پرسشنامه آمادگی فعالیت بدنی (PARQ) تکمیل شد. حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار G^*Power برای آزمون آنوا دوطرفه با اندازه‌گیری‌های مکرر برای دو گروه، با توان آماری ۰/۹۵، سطح معناداری ۰/۰۵ و اندازه اثر ۰/۵، تعداد ۳۶ نفر آزمودنی که شرایط شرکت در پژوهش را داشتند، به صورت تصادفی به دو گروه، تمرینات چند جزئی (۱۸ نفر) و کنترل (۱۸ نفر) تقسیم شدند. لازم به ذکر است که این پژوهش توسط کمیته اخلاق دانشگاه شهرکرد به شماره IR.SKU.REC.1403.045 ثبت شده است.

پروتکل تمرین

برنامه تمرین بر اساس راهنمای تمرین ACSM برای افراد سالمند شامل تمرین با افزایش تدریجی شدت بر اساس توانایی شرکت‌کنندگان به مدت دوازده هفته و سه جلسه در هفته تنظیم شد [۱۴] (جدول ۱). هر جلسه تمرین شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن، بخش اصلی تمرین (اجرای تمرینات مقاومتی، هوازی و تعادلی) و ۵ دقیقه برگشت به حالت اولیه بود [۱۵]. به این صورت که پس از گرم کردن به صورت راه رفتن سریع، دویدن آهسته و حرکات کششی و نرمشی، برنامه تمرین مقاومتی، سپس بخش تمرین هوازی و در بخش سوم تمرین تعادلی را اجرا می‌شد. در پایان هر جلسه، سرد کردن با اجرای حرکات کششی و نرمشی به مدت پنج دقیقه اجرا می‌شد. لازم به ذکر است گروه کنترل در طی این ۱۲ هفته در هیچ‌گونه فعالیت ورزشی شرکت نکردند. این تمرینات در زمین چمن و سالن بدنسازی ورزشگاه شهید حیدریان شهر قم انجام شد.

جدول ۱. برنامه تمرین ورزشی چند جزئی استفاده‌شده در پژوهش

بخش‌های تمرین	حرکات	هفته‌ها	مدت هر جلسه	شدت
تمرین مقاومتی با کش تراپاند	جلو بازو، پرس پشت بازو، خم شدن	هفته اول تا چهارم	۲۰-۲۵ دقیقه	۲ ست ۸-۱۰ تکرار
	تنه به جلو و عقب، دور و نزدیک	هفته پنجم تا هشتم	۲۵-۳۰ دقیقه	۳ ست ۸-۱۲ تکرار

کردن پا از مفصل لگن، خم و باز کردن زانو، خم و باز کردن مچ پا	هفته نهم تا دوازدهم	۳۰-۴۰ دقیقه	۳ ست ۸-۱۲ تکرار
هواری	هفته اول تا چهارم	۱۰ دقیقه	۴۰-۵۰ درصد ضربان قلب بیشینه
	هفته پنجم تا هشتم	۱۵ دقیقه	۵۰-۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه
	هفته نهم تا دوازدهم	۲۰ دقیقه	۶۰-۶۵ درصد ضربان قلب بیشینه
تبادل	هفته اول تا چهارم	۱۰ دقیقه	با دودست حمایتی
	هفته پنجم تا هشتم	۱۰ دقیقه	با یک دست و یا بدون دست هدایتی
	هفته نهم تا دوازدهم	۱۰ دقیقه	بدون دست حمایتی

تمرین مقاومتی

پروتکل تمرین مقاومتی بر اساس دستورالعمل‌های کالج پزشکی ورزشی آمریکا طراحی شد [۱۴]. قبل از شروع برنامه تمرین مقاومتی، شرکت‌کنندگان در گروه آزمایش در مورد نحوه استفاده از باندهای الاستیک آموزش دیدند. تکنیک صحیح تمرین، فواصل استراحت و انطباق با برنامه تمرینی به‌دقت پایش شد. هر جلسه ۲۰-۴۰ دقیقه تمرین مقاومتی است که تمرین برای گروه‌های عضلانی اصلی، از جمله بازوها، شانه، شکم، پشت و پاها انجام شد. در این مطالعه سطوح مقاومت باندهای الاستیک از کمترین مقاومت (زرد) شروع شد و به تدریج افزایش یافت. رنگ‌های مشخص شده برای هر دوره زمانی، بیانگر سطح کلی پیشرفت مقاومت است. در عمل، برای هر حرکت به صورت مجزا، رنگ باندی انتخاب می‌شد که با توانایی گروه عضلانی مربوطه متناسب بوده و به شرکت‌کننده اجازه دهد تا تکرارهای هدف را در محدوده RPE تعیین شده (۱۲-۱۴) اجرا نماید. برای مثال، رنگ باند مورد استفاده برای عضلات پا در یک جلسه، می‌توانست با رنگ باند مورد استفاده برای عضلات بازو متفاوت باشد. شدت تمرین با انتخاب رنگ مناسب باند کشی تنظیم می‌شد، به طوری که شرکت‌کنندگان قادر به تکمیل دامنه تکرارهای مشخص شده (مثلاً ۸-۱۲ تکرار) با حفظ فرم صحیح حرکت باشند. همچنین از مقیاس درک فشار بورگ برای کنترل شدت استفاده شد. همچنین، زمانی که شرکت‌کنندگان نمی‌توانستند شدت مقاومت رنگ باند بعدی را تحمل کنند، رنگ قبلی برای یک جلسه اضافی حفظ می‌شد [۱۵، ۱۶]. پیشرفت تمرین مقاومتی از طریق افزایش مقاومت کش‌های تمرینی (تغییر رنگ به باندهای ضخیم‌تر) و یا افزایش تعداد ست‌ها و تکرارها صورت می‌گرفت. هدف این بود که شرکت‌کنندگان همواره تمرین را در محدوده ۱۲ تا ۱۴ RPE (تا حدودی سخت) تجربه کنند. (جدول ۲).

جدول ۲. پروتکل تمرین مقاومتی

هفته‌ها	زرد	قرمز	سبز	آبی	سیاه	تکرارها	ست‌ها	تمرین
								RPE
۱	*					۸-۱۰	۱-۲	۱۲-۱۴
۲	*					۸-۱۰	۲-۳	۱۲-۱۴
۳	*					۱۰-۱۲	۲-۳	۱۲-۱۴
۴	*					۱۰-۱۲	۳	۱۲-۱۴

۵	*	۸-۱۰	۳	۱۲-۱۴
۶	*	۱۰-۱۲	۳	۱۲-۱۴
۷	*	۸-۱۰	۳	۱۲-۱۴
۸	*	۱۰-۱۲	۳	۱۲-۱۴
۹	*	۸-۱۰	۳	۱۲-۱۴
۱۰	*	۱۰-۱۲	۳	۱۲-۱۴
۱۱	*	۸-۱۰	۳	۱۲-۱۴
۱۲	*	۱۰-۱۲	۳	۱۲-۱۴

تمرین هوازی

پروتکل تمرین هوازی بر اساس دستورالعمل‌های کالج پزشکی ورزشی آمریکا طراحی شد [۱۴]. پروتکل تمرین هوازی شامل گام زدن نشسته روی صندلی، گام زدن درجا و ایستاده، چرخش بازوها، خم شدن به پهلو، بالا بردن بازوها از کنار بدن و پروانه بود (جدول ۳). مدت زمان تمرین آزمودنی‌ها در چهار هفته اول ۱۰ دقیقه، به تدریج به زمان تمرین افزوده می‌شود به نحوی که چهار هفته دوم ۱۵ دقیقه و در نهایت، چهار هفته سوم به ۲۰ دقیقه رسید. شدت تمرین نیز با ۴۰ درصد ضربان قلب بیشینه در جلسه اول شروع شد که به تدریج بر شدت تمرین افزوده و به ۶۵ درصد ضربان قلب بیشینه رسید (جدول ۳). برای تعیین شدت تمرینات هوازی از ضربان قلب حداکثر^۵ (سن-۲۲۰) استفاده شد. همچنین در رابطه با کنترل شدت تمرین، این کار با تعیین ضربان قلب آزمودنی‌ها قبل از شروع تمرینات، حین اجرا و پس از انجام فعالیت در هر جلسه توسط پژوهشگران با استفاده از ضربان‌سنج پولار انجام شد [۱۵]. لازم به ذکر است که با توجه به سطح آمادگی پایین و عدم تحرک آزمودنی‌ها، شدت تمرین در هفته‌های ابتدایی به صورت محافظه کارانه انتخاب شد تا ضمن ایجاد سازگاری‌های اولیه، پایداری آزمودنی‌ها به برنامه تمرینی افزایش یابد و از بروز خطرات احتمالی جلوگیری شود. اگرچه فرمول سن-۲۲۰ دارای محدودیت‌هایی است، اما به عنوان یک راهنمای اولیه برای شروع تمرین در این جمعیت استفاده شد.

جدول ۳. پروتکل تمرین هوازی

هفته‌ها	زمان فعالیت (min)	شدت (HRmax)
۱	۱۰	۴۰-۵۰
۲	۱۰	۴۰-۵۰
۳	۱۰	۴۰-۵۰
۴	۱۰	۴۰-۵۰
۵	۱۵	۶۰-۵۰
۶	۱۵	۶۰-۵۰
۷	۱۵	۶۰-۵۰
۸	۱۵	۶۰-۵۰
۹	۲۰	۶۵-۶۰

^۵ Maximum heart rate

۶۵-۶۰	۲۰	۱۰
۶۵-۶۰	۲۰	۱۱
۶۵-۶۰	۲۰	۱۲

تمرین تعادلی

سومین جزء پروتکل، تمرین تعادلی با هشت ایستگاه شامل تعادل ایستا و پویا و با مدت زمان ۱۰-۱۵ دقیقه بود [۱۵]. ایستگاه‌های تعادلی شامل نشست و برخاست، خم شدن زانو، راه رفتن به عقب، راه رفتن و چرخیدن به اطراف، راه رفتن به پهلوی، ایستادن روی پاشنه و پنجه، راه رفتن روی پاشنه و پنجه و ایستادن روی یک پا اجرا بود (جدول ۱).

روش‌های آزمایشگاهی

جمع‌آوری نمونه‌های خون به میزان ۵ میلی‌لیتر از ورید قدامی بازویی بعد از ۱۲ ساعت ناشتایی و در دو مرحله ۴۸ ساعت پیش از شروع اولین جلسه پروتکل تمرینی و مرحله پس‌آزمون، ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی در پایان هفته دوازدهم اجرا شد. نمونه‌های خونی در لوله‌های آزمایشی با ماده ضد انعقاد جمع‌آوری و برای بررسی سطوح IFN- γ و IL-17 به آزمایشگاه انتقال داده شد. اندازه‌گیری سطوح سرمی فاکتورهای IFN- γ (pg/ml) و IL-17 (pg/ml) به روش الایزا انجام شد و از کیت‌های انسانی کارمانیا پارس شرکت آرمان بایوتک با حساسیت ۲/۵ نانوگرم در لیتر و با دقت درون سنجی $CV > 10\%$ و با دقت بین آزمونی $CV > 12\%$ استفاده شد.

تحلیل آماری

پس از جمع‌آوری داده‌ها، ابتدا وضعیت طبیعی بودن داده‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک و تجانس واریانس با آزمون لوین بررسی شد. مقایسه گروهی با استفاده از آنالیز واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر دوطرفه گروه (کنترل و تمرین) $\times$ زمان (قبل و بعد از ۱۲ هفته) و آزمون تعقیبی LSD انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS در سطح معناداری $p < 0.05$ و رسم نمودارهای آماری با نرم‌افزار EXCEL انجام شد.

نتایج

مشخصات عمومی آزمودنی‌ها شامل سن، قد، وزن و شاخص توده بدن گروه‌های تحقیق در (جدول ۴) نشان داده شده است.

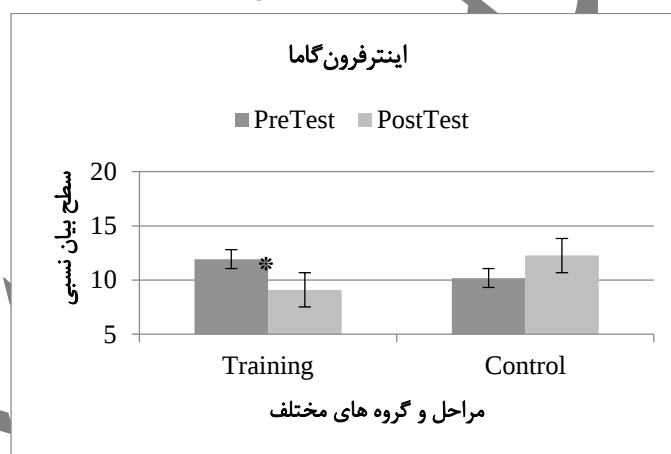
جدول ۴. میانگین و انحراف معیار مشخصات عمومی آزمودنی‌ها در گروه‌های تحقیق (N=18)

متغیر	گروه	میانگین
سن (سال)	تمرین	۶۶/۴ $\pm$ ۵۰/۵۶
	کنترل	۶۷/۳ $\pm$ ۲۷/۳۳
قد (متر)	تمرین	۱/۰ $\pm$ ۷۰/۰۱
	کنترل	۱/۰ $\pm$ ۷۱/۰۳
وزن (کیلوگرم)	تمرین	۶۷/۲ $\pm$ ۸/۵
	کنترل	۷۰/۱ $\pm$ ۵/۸
شاخص توده بدن (kg/m^2)	تمرین	۲۳/۰ $\pm$ ۷/۶
	کنترل	۲۴/۰ $\pm$ ۲/۳

جدول ۵. مقایسه شاخص‌های مورد مطالعه با آنالیز واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر دوطرفه

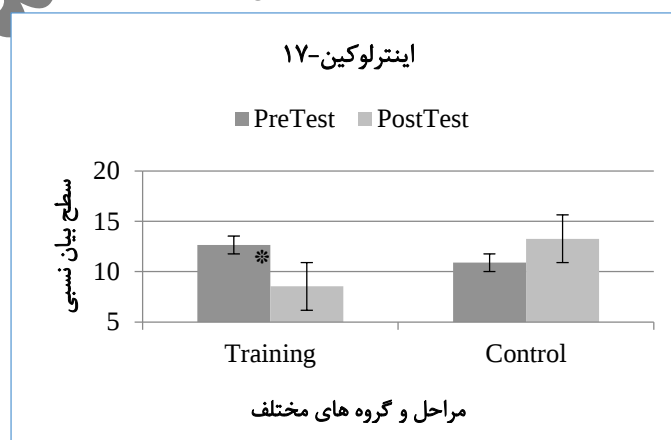
متغیر	گروه	پیش‌آزمون میانگین و انحراف معیار	پس‌آزمون میانگین و انحراف معیار	زمان	گروه	گروه × زمان	F	Partial Eta Squared
IFN- γ (pg/ml)	تمرین	۱۱/۳±۹۲۲/۴۲	۹/۳±۰۹۴/۵۵	۰/۵۸۴	۰/۴۵۹	۰/۰۰۱	۱۲/۸۸	۰/۲۷۵
	کنترل	۱۰/۳±۱۸۳/۵۸	۱۲/۳±۲۵۵/۴۵					
IL-17 (pg/ml)	تمرین	۱۲/۲±۶۵۵/۵۶	۸/۲±۵۳۸/۹۰	۰/۱۷۳	۰/۰۲۹	۰/۰۰۰	۲۶/۷۵	۰/۴۴
	کنترل	۱۰/۲±۸۹۴/۸۹	۱۳/۲±۲۶۶/۴۴					

شکل ۱. نمودار تغییرات سطوح IFN- γ



* نتایج آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر دوطرفه ($p < 0.05$)

شکل ۲. نمودار تغییرات سطوح IL-17



* نتایج آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر دوطرفه ($p < 0.05$)

بر اساس یافته‌های تحقیق که در (جدول ۵) نشان داده شده است، آنالیز واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر دوطرفه در شاخص IFN- γ نشان داد سطح معنی‌داری مورد محاسبه بین گروهی ($p=0/459$) از سطح معنی‌داری تعیین شده ($P<0/05$) بزرگ‌تر می‌باشد؛ یعنی تفاضل میانگین سطح IFN- γ بین دو گروه کنترل و تجربی معنی‌دار نمی‌باشد. همچنین نتایج نشان می‌دهد تغییرات درون گروهی در گروه تجربی و کنترل نیز قبل و بعد از ۱۲ هفته تمرین چند جزئی (هوازی، مقاومتی، تعادلی) از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد ($p=0/584$). در حالی که بررسی تأثیر همزمان زمان×گروه تغییرات معنی‌داری را نشان می‌دهد ($p=0/001$)، ($F=12/880$)، ($\text{Partial Eta Squared} = 0/275$). به نحوی که IFN- γ به میزان ۲۰/۲۶ درصد کاهش داشت.

همچنین آنالیز واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر دوطرفه در خصوص فاکتور IL-17 نشان داد سطح معنی‌داری مورد محاسبه بین گروهی ($p=0/029$) از سطح معنی‌داری تعیین شده ($P<0/05$) کوچک‌تر می‌باشد؛ یعنی تفاضل میانگین سطح IL-17 بین دو گروه کنترل و تجربی معنی‌دار می‌باشد. به عبارت دیگر، تفاوت معنی‌دار بین گروهی در IL-17 می‌تواند به کاهش در سطح IL-17 در گروه تمرین و افزایش در گروه کنترل نسبت داده شود. نتایج نشان می‌دهد تغییرات درون گروهی در گروه تجربی و کنترل نیز قبل و بعد از ۱۲ هفته تمرین چند جزئی (هوازی، مقاومتی، تعادلی) از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد ($p=0/173$). بررسی تأثیر همزمان زمان×گروه نیز تغییرات معنی‌داری را در سطح IL-17 نشان می‌دهد ($p=0/00$)، ($F=26/759$)، ($\text{Partial Eta Squared} = 0/44$) به نحوی که IL-17 به میزان ۵۳ درصد کاهش داشت.

بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر باهدف کلی بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین ورزشی چند جزئی بر سطح اینترفرون گاما و اینترفرون- γ در مردان سالمند، انجام گرفت. نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری IFN- γ و IL-17 نشان داد که دوازده هفته تمرین چند جزئی اثر مثبتی بر سایتوکاین‌های پیش التهابی IFN- γ و IL-17 در مردان سالمند داشته است. به نحوی که نتایج پژوهش حاضر کاهش سطح IFN- γ را نشان داد. نتایج حاصل از این تحقیق با یافته‌های اسمیت و همکاران (۲۰۰۰) که اثر شش ماه فعالیت بدنی را بر روی ۵۲ مرد و ۱۸ زن با میانگین سنی ۵۸ سال مورد بررسی قرار دادند و نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که سطوح سایتوکاین‌های مختلفی از جمله IFN- γ به دنبال ورزش کاهش می‌یابد [۱۰]، همسو بود. در مقابل، شیمیزو و همکاران (۲۰۰۸) اثر شش ماه فعالیت ورزشی متوسط تمرین مقاومتی و تمرین استقامتی را در مردان و زنان سالمند مورد بررسی قرار دادند و مشاهده کردند اینترفرون گاما در گروه تمرین به‌طور قابل توجهی بالاتر بود [۱۲].

مشاهده نتایج متفاوت در مطالعه حاضر در مقایسه با برخی پژوهش‌های پیشین، می‌تواند به جای تبیین‌های کلی، از طریق مکانیسم‌های فیزیولوژیک دقیق‌تری توضیح داده شود. این تفاوت‌ها احتمالاً ریشه در تعامل پیچیده میان سن شرکت‌کنندگان، مدت زمان مداخله و ماهیت چند جزئی پروتکل تمرینی دارد. نخست، عامل سن و پدیده التهاب پیری؛ جامعه آماری مطالعه حاضر را سالمندانی تشکیل می‌دادند که به‌طور طبیعی دارای سطح پایه بالاتری از التهاب سیستمیک درجه خفیف مزمن هستند. این سطح التهاب بالا، که بخشی از آن به دلیل افزایش توده چربی احشایی و کاهش عملکرد سیستم ایمنی است، بدین معناست که پتانسیل بیشتری برای کاهش سایتوکاین‌های پیش التهابی وجود دارد. بنابراین، یک برنامه ورزشی منظم با کاهش توده چربی (منبع اصلی آدیپوکاین‌های التهابی) و افزایش مایوکاین‌های ضد التهابی از عضلات فعال، می‌تواند اثر کاهشی معنادارتری در این جمعیت داشته باشد؛ اثری که ممکن است در افراد جوان یا میانسال با سطح پایه التهاب پایین‌تر، به این وضوح مشاهده نشود [۱۷]. دوم، تفاوت پاسخ حاد و مزمن به تمرین؛ مدت زمان ۱۲ هفته‌ای این پژوهش، فرصت کافی برای بروز سازگاری‌های مزمن ضد التهابی را فراهم می‌آورد. مطالعات کوتاه مدت (مثلاً کمتر از ۸ هفته) ممکن است بیشتر این پاسخ حاد را منعکس کنند. در مقابل، با تداوم تمرین برای دوره‌ای مانند ۱۲ هفته، بدن سازگاری‌هایی نظیر بهبود ظرفیت آنتی اکسیدانی، کاهش استرس اکسیداتیو و تنظیم مجدد سیستم ایمنی به سمت یک فنوتیپ ضد التهابی را تجربه می‌کند [۱۸]. بنابراین، نتایج مطالعه ما مبین غلبه اثرات ضد التهابی مزمن بر پاسخ‌های التهابی حاد است. سوم، اثر هم افزایی تمرینات

چندجزئی؛ پروتکل تمرینی ما ترکیبی از تمرینات هوازی، مقاومتی و تعادلی بود که هر یک از مسیرهای متفاوتی بر کاهش التهاب تأثیر می‌گذارند. تمرینات هوازی عمدتاً از طریق کاهش توده چربی احشایی و بهبود عملکرد اندوتلیال عروق به کاهش التهاب کمک می‌کنند. تمرینات مقاومتی با افزایش توده عضلانی مایوکاین‌های ضدالتهابی ترشح می‌کند و بهبود حساسیت به انسولین (مقاومت به انسولین خود یک وضعیت پیش‌التهابی است)، در این فرآیند نقش دارند [۱۹]. ترکیب این دو نوع تمرین احتمالاً اثری هم‌افزا و قوی‌تر از اجرای هر یک به تنهایی دارد، که می‌تواند دلیل نتایج مثبت و معنادار مشاهده شده در مطالعه حاضر در مقایسه با مطالعاتی باشد که تنها بر یک نوع تمرین متمرکز بوده‌اند.

IFN- γ توسط سلول‌های $CD4^+$ T و $CD8^+$ ترشح می‌شود و نقش محوری در پاسخ‌های ایمنی حالتی و تطبیقی دارد. کاهش سطح IFN- γ می‌تواند نشانه‌ای از تنظیم پایدارتر دستگاه ایمنی در پاسخ به تمرین باشد [۲۰]. تمرین‌های هوازی به‌طور خاص می‌توانند با افزایش جریان خونی و انتقال مواد متابولیک به دستگاه‌های مختلف بدن، به کاهش سطوح سیتوکین‌های التهابی کمک کنند. این نوع تمرین باعث افزایش سطح آنتی‌التهابی‌های مانند IL-10 می‌شود که می‌تواند IFN- γ را مهار کند [۱۸]. تمرین‌های مقاومتی نیز می‌توانند اثرات ضدالتهابی داشته باشند. این نوع تمرین باعث افزایش سطح هورمون‌هایی مانند تستوسترون و IGF-1 می‌شود که می‌توانند اثرات ضدالتهابی داشته و سیتوکین‌های التهابی را کاهش دهند [۲۱]. تمرین‌های تعادلی می‌توانند به‌طور غیرمستقیم تأثیر بر دستگاه ایمنی داشته باشند. این نوع تمرین باعث کاهش استرس فیزیکی و روانی می‌شود که می‌تواند منجر به کاهش ترشح هورمون‌های استرسی مانند کورتیزول شود. کاهش کورتیزول می‌تواند اثرات مثبتی روی سایتوکاین‌های التهابی و سیستم ایمنی داشته باشد [۲۲]. تحقیقات مختلف نشان داده‌اند با افزایش سن، بافت چربی شکمی افزایش و بافت عضلانی بدن کاهش می‌یابد [۲۳]. به نظر می‌رسد انجام تمرین در سالمندان موجب به‌کارگیری بیشتر عضلات برای انجام فعالیت می‌شود. از آنجاکه تمرینات مقاومتی و استقامتی باعث افزایش اکسیداسیون چربی می‌شود، می‌تواند باعث کاهش سایتوکاین‌های پیش‌التهابی شود [۲۴].

در زمینه تغییر سطح IL-17 نتایج پژوهش حاضر کاهش این شاخص را در گروه تمرین در مقایسه با گروه کنترل نشان داد. نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های کزالدو و همکاران (۲۰۱۶) که در پژوهشی کاهش IL-17 را پس از تمرینات مقاومتی گزارش کردند [۲۵] همسو بود. درحالی‌که در تحقیق ماچادو و همکاران (۲۰۲۱)، اثر سه روش تمرینی (گروه اول تمرین مقاومتی، گروه دوم تمرین ایروبیک در آب و گروه سوم ترکیب تمرین مقاومتی و ایروبیک در آب بر سطح اینترلوکین ۱۷ و اینترفرون گاما در زنان مسن مورد ارزیابی قرار گرفت، نتایج این تحقیق نشان داد که این نوع تمرینات مقاومتی و هوازی بیان ژن سایتوکاین‌های پیش‌التهابی IL-17 و IFN- γ را افزایش داده است [۱۱]. در تبیین این تفاوت‌ها می‌توان نوع، شدت و مدت پروتکل ورزشی، برخی تفاوت‌های ژنتیکی و نژادی و یا تفاوت بین نمونه‌های آزمودنی را دخیل دانست. همچنین شرایط متفاوت جسمی و روانی آزمودنی‌ها نیز می‌توانند در این زمینه تأثیرگذار باشند، یکی دیگر از دلایل عدم همخوانی می‌تواند تعداد جلسات تمرینی و نوع تمرین باشد. از آنجایی‌که انجام تمرینات با شدت بالا می‌تواند سایتوکین‌های پیش‌التهابی را فعال کند و این سایتوکین‌ها بیان اینترلوکین ۱۷ را افزایش می‌دهند، احتمالاً سازوکار درگیر مربوط به این موضوع این است که ورزش شدید سبب رهاسازی سایتوکین‌های پیش‌التهابی می‌شود و این سایتوکین‌ها، سایتوکین‌های ضدالتهابی مانند اینترلوکین-۱۰ و اینترفرون را تولید می‌کنند [۲۶]. این‌طور به نظر می‌رسد که تولید متوالی سایتوکین‌های التهابی و ضدالتهابی دلیل شروع تولید اینترلوکین ۱۷ از طریق لکوسیت‌های محیطی خون و عضله اسکلتی باشد [۲۶]. تولید سایتوکاین‌ها ممکن است به وسیله عوامل فیزیولوژیکی ناشی از فعالیت ورزشی مثل هورمون استرس، اسیدوز، استرس اکسایشی و گرما تحت تأثیر قرار گیرد. با این حال گزارش شده است تمرینات مقاومتی به‌تنهایی در بهبود شاخص‌های التهابی اثر ندارد [۲۷]، ولی وقتی با کاهش وزن همراه باشد، بهبود معناداری در متغیرهای التهابی و متابولیکی مشاهده می‌شود [۲۸]. به نظر می‌رسد فعالیت بدنی و التهاب تا اندازه‌ای با اثر فعالیت بدنی بر بافت چربی در ارتباط باشد، میزان بافت چربی بی‌تردید بیشترین ارتباط را با نشانگرهای التهابی در گردش دارد. در نتیجه کاهش وزن در پژوهش حاضر می‌تواند از دلایل کاهش اینترلوکین ۱۷ باشد [۲۹]. در این مطالعه، کاهش قابل‌توجه در تولید IL-17 نشان می‌دهد که تمرین ترکیبی اثرات ضدالتهابی مفیدی با کاهش تولید IL-17 دارد و ممکن است بر سایتوکین‌های التهابی آستروسیت و مایع

مغزی-نخاعی تأثیر بگذارد. اینترفرون گاما به عنوان یک محصول سایتوکینی مهم از پاسخ نوع Th1، می تواند پاسخ التهابی را القا کند [۳۰].

به نظر می رسد برای کاهش عوامل پیش التهابی، مخصوصاً اینترلوکین ۱۷ شدت تمرین نباید بالا در نظر گرفته شود [۳۱]. در مطالعه حاضر نیز که کاهش در سایتوکاین پیش التهابی اینترلوکین ۱۷ در اثر تمرین رخ داده، شدت تمرین زیاد نبوده است. در واقع، انجام تمرینات مقاومتی از طریق کاهش اینترلوکین ۱۷ پلاسما، اثر ضدالتهابی مفیدی دارد و ممکن است سایتوکاین های التهابی آستروسیت و CSF را تحت تأثیر قرار دهد. همچنین، از سایتوکاین ها و اینترفرون به عنوان یک مکانیسم کاهش دهنده ای اینترلوکین-۱۷ یاد شده است. به نظر می رسد یکی از دلایل کاهش اینترلوکین ۱۷ اثرهای ضدالتهابی اینترفرون باشد. همچنین، انجام تمرینات بدنی می تواند پاسخ های هورمونی و ایمنی در بدن را فعال کند و این قابلیت را دارد که التهاب مزمن عصبی و آسیب های مربوط به آن را باهدف قرار دادن سایتوکاین های التهابی و ضدالتهابی بهبود بخشد [۳۱].

بنابراین، نوع تمرین ورزشی چندجزئی در این تحقیق می تواند دلیل کاهش IL-17 باشد. IL-17 یک سایتوکین حائز اهمیت در دستگاه ایمنی است که توسط سلول های T-helper17 (Th17) ترشح می شود [۳۲]. این سایتوکین نقش عمده ای در تنظیم واکنش های التهابی، محافظت در برابر عفونت های میکروبی و همچنین در توسعه بیماری های التهابی مزمن ایفا می کند [۳۳]. تمرین ورزشی می تواند از طریق مکانیسم های مختلف بر بیان IL-17 تأثیر بگذارد. یکی از این مکانیسم ها تنظیم سیگنال های مولکولی مرتبط با دستگاه ایمنی است. فعالیت بدنی می تواند با کاهش سطح سایتوکاین های التهابی و افزایش سایتوکاین های ضدالتهابی، مانند IL-10 و $TGF-\beta$ ، منجر به کاهش بیان IL-17 شود [۳۴]. نتایج بعضی مطالعات بیانگر این است که عوامل هورمونی می توانند بر تغییرات سطوح سایتوکاین های سرمی ناشی از تمرینات ورزشی اثر چشم گیری داشته باشند. همچنین کاتکولامین ها اثر مستقیمی بر ترشح سایتوکاین های التهابی دارند. در پاسخ به فعالیت بدنی و ورزش، تغییرات هورمونی رخ می دهد که باعث افزایش غلظت چندین هورمون از جمله هورمون های کورتیزول، رشد و اپی نفرین می شود. کورتیزول و اپی نفرین تولید سایتوکاین های التهابی را سرکوب می کنند. تمرین مقاومتی با افزایش تحریک سنتز پروتئین ها و توده عضلانی، موجب کاهش ذخایر چربی بدن می شود و به دنبال آن، خاموش شدن ژن سایتوکاین های التهابی در بافت عضلانی و کاهش سطوح سرمی مولکول های چسبان لوکوسیتی با مهار واکنش مونوسیت ها و سلول های اندوتلیال در نهایت، به کاهش التهاب منجر می شود [۳۵].

درمجموع نتایج این تحقیق نشان داد که دوازده هفته تمرینات چند جزئی به تغییرات مثبت در سطوح IFN- γ و IL-17 در مردان سالمند منجر شد. مکانیسم های اثر تمرینات ورزشی چندجزئی بر متغیرهای بیولوژیکی، از طریق تعدیل مسیرهای التهابی و ایمنی عمل می کنند؛ بنابراین، طراحی برنامه های تمرینی طولانی مدت برای بهینه سازی اثرات ضدالتهابی و متابولیک ضروری است. نتایج این پژوهش نشان می دهد که دوازده هفته تمرین ورزشی چندجزئی با تأثیر بر مسیرهای التهابی می تواند به عنوان یک مداخله مؤثر برای بهبود شاخص های التهابی مانند IFN- γ و IL-17 در مردان سالمند مورد استفاده قرار گیرد. این پژوهش گامی مهم در جهت درک تأثیر تمرینات چندجزئی بر سلامت سالمندان است. اگرچه یافته ها نیاز به تأیید در مطالعات گسترده تر دارند، اما نتایج حاضر پتانسیل این مداخله را در بهبود کیفیت زندگی و کاهش خطر بیماری های مرتبط با افزایش سن نشان می دهند.

این پژوهش علی رغم نتایج ارزشمند، با محدودیت هایی نیز همراه بود که باید در تفسیر نتایج مد نظر قرار گیرند. نخست، حجم نمونه نسبتاً کوچک بود که می تواند قدرت تعمیم پذیری یافته ها را کاهش دهد. دوم، این مطالعه تنها بر روی مردان سالمند انجام شد و بنابراین نتایج ممکن است برای زنان یا سایر گروه های سنی صدق نکند. سوم، متغیرهای تأثیرگذار دیگری مانند رژیم غذایی و سطح استرس روزانه شرکت کنندگان کنترل نشدند که می توانستند بر سطوح سایتوکاین های التهابی مؤثر باشند. چهارم، عدم وجود تمرینات مقاومتی اختصاصی برای گروه های عضلانی بزرگ مانند عضلات سینه ای و پشتی بزرگ بود. پروتکل تمرینی حاضر با تمرکز بر بهبود توانایی عملکردی و با در نظر گرفتن محدودیت های تجهیزاتی (کش تراباند) و ایمنی سالمندان طراحی شد. پیشنهاد می شود در مطالعات آتی،

تمرینات جامع‌تری که این گروه‌های عضلانی را نیز پوشش دهند، مورد بررسی قرار گیرند. پیشنهاد می‌شود تحقیقات آینده این محدودیت‌ها را با استفاده از نمونه‌های بزرگتر و متنوع‌تر و با کنترل متغیرهای مخدوشگر بیشتر برطرف نمایند.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از زحمات تمام آزمودنی‌های این مطالعه که صادقانه و با صمیمیت در انجام پژوهش حاضر محقق را یاری کردند تشکر و قدردانی می‌شود.

حمایت مالی

این پژوهش برگرفته از پایان‌نامه دکتری رشته علوم ورزشی، گرایش فیزیولوژی ورزشی است و بدون هیچ‌گونه حمایت مالی انجام گرفته است.

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان به‌طور مساوی در تمام مراحل اجرای این پژوهش مشارکت داشتند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

منابع

1. Michaud M, Balardy L, Moulis G, Gaudin C, Peyrot C, Vellas B, et al. Proinflammatory cytokines, aging, and age-related diseases. *Journal of the American Medical Directors Association*. 2013;14(12):877-82. doi:10.1016/j.jamda.2013.05.009.
2. Singh T, Newman AB. Inflammatory markers in population studies of aging. *Ageing research reviews*. 2011;10(3):319-29. doi:10.1016/j.arr.2010.11.002.
3. Karakelides H, Nair KS. Sarcopenia of aging and its metabolic impact. *Current topics in developmental biology*. 2005;68:123-48. doi:10.1016/S0070-2153(05)68005-2.
4. Franceschi C. Inflammaging as a major characteristic of old people: can it be prevented or cured? *Nutrition reviews*. 2007;65(suppl_3):S173-S6. doi:10.1111/j.753-4887.2007.tb00358.x.
5. Correa FO, Gonçalves D, Figueredo CM, Gustafsson A, Orrico SR. The short-term effectiveness of non-surgical treatment in reducing levels of interleukin-1 β and proteases in gingival crevicular fluid from patients with type 2 diabetes mellitus and chronic periodontitis. *Journal of Periodontology*. 2008;79(11):2143-50. doi:10.1902/jop.2008.080132.
6. Lee YH, Bae SC. Association between interferon- γ + 874 T/A polymorphism and susceptibility to autoimmune diseases: a meta-analysis. *Lupus*. 2016;25(7):710-8. doi:10.1177/0961203315624557.
7. Schroder K, Hertzog PJ, Ravasi T, Hume DA. Interferon- γ : an overview of signals, mechanisms and functions. *Journal of Leucocyte Biology*. 2004;75(2):163-89. doi:10.1189/jlb.0603252.
8. Melzer N, Meuth SG, Torres-Salazar D, Bittner S, Zozulya AL, Weidenfeller C, et al. A β -lactam antibiotic dampens excitotoxic inflammatory CNS damage in a mouse model of multiple sclerosis. *PLoS One*. 2008;3(9):e3149. doi:10.1371/journal.pone.0003149.
9. Moseley T, Haudenschild D, Rose L, Reddi A. Interleukin-17 family and IL-17 receptors. *Cytokine & growth factor reviews*. 2003;14(2):155-74. doi:10.1016/S359-6101(03)00002-9.
10. Smith LL. Cytokine hypothesis of overtraining: a physiological adaptation to excessive stress? *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2000;32(2):317-331. doi:10.1097/00005768-200002000-00020.
11. Machado OA, Diniz VL, Passos ME, de Oliveira HH, Santos-Oliveira LC, Alecrim AL, et al. Physical exercise increases global and gene-specific (interleukin-17 and interferon- γ) DNA methylation in lymphocytes from aged women. *Experimental Physiology*. 2021;106(9):1878-85. doi:10.1113/EP089673.
12. Shimizu K, Kimura F, Akimoto T, Akama T, Tanabe K, Nishijima T, et al. Effect of moderate exercise training on T-helper cell subpopulations in elderly people. *Exerc Immunol Rev*. 2008;14(1):24-37. PMID: 19203082.
13. Petersen A, Pedersen B. The role of IL-6 in mediating the anti inflammatory. *J physiol pharmacol*. 2006;57(Suppl 10):43-51. PMID: 17242490.
14. Riebe D, Ehrman JK, Liguori G, Magal M. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription: American College of Sports Medicine; 2018.
15. Sadjapong U, Yodkeeree S, Sungkarat S, Sivoj P. Multicomponent exercise program reduces frailty and inflammatory biomarkers and improves physical performance in community-dwelling older adults: A randomized controlled trial. *International journal of environmental research and public health*. 2020;17(11):3760. doi:10.3906/ijerph17113760.

16. Huang SW KJ, Lin LF, Liao CD, Chou LC, Liou TH. Body composition influenced by progressive elastic band resistance exercise of sarcopenic obesity elderly women: a pilot randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2017 Aug;53(4):556-563. doi: 10.23736/S1973-9087.17.04443-4. Epub 2017 Jan 12. PMID: 28084062.
17. Franceschi C, Capri M, Monti D, Giunta S, Olivieri F, Sevini F, et al. Inflammaging and anti-inflammaging: a systemic perspective on aging and longevity emerged from studies in humans. *Mechanisms of ageing and development*. 2007;128(1):92-105. doi.org/10.1016/j.mad.2006.11.016.
18. Gleeson M, Bishop NC, Stensel DJ, Lindley MR, Mastana SS, Nimmo MA. The anti-inflammatory effects of exercise: mechanisms and implications for the prevention and treatment of disease. *Nature reviews immunology*. 2011;11(9):607-15. doi:10.1038/nri3041.
19. Beavers KM, Brinkley TE, Nicklas BJ. Effect of exercise training on chronic inflammation. *Clinica chimica acta*. 2010;411(11-12):785-93. doi.org/10.1016/j.cca.2010.02.069.
20. Shephard RJ. Limits to the measurement of habitual physical activity by questionnaires. *British journal of sports medicine*. 2003;37(3):197-206. doi:10.1136/bjsm.37.3.197.
21. Kramer AF, Erickson KI. Effects of physical activity on cognition, well-being, and brain: Human interventions. *Alzheimer's & Dementia*. 2007;3(2):S45-S51. doi:10.1016/j.jalz.2007.01.008.
22. Dhabhar FS. Effects of stress on immune function: the good, the bad, and the beautiful. *Immunologic research*. 2014;58:193-210. doi:10.1007/s12026-014-8517-0.
23. Krabbe KS, Pedersen M, Bruunsgaard H. Inflammatory mediators in the elderly. *Experimental gerontology*. 2004;39(5):687-99. DOI:10.1016/j.exger.2004.01.009.
24. Nicklas BJ, You T, Pahor M. Behavioural treatments for chronic systemic inflammation: effects of dietary weight loss and exercise training. *Cmaj*. 2005;172(9):1199-209. DOI:10.503/cmaj.1040769.
25. Kjølhede T, Dalgas U, Gade AB, Bjerre M, Stenager E, Petersen T, et al. Acute and chronic cytokine responses to resistance exercise and training in people with multiple sclerosis. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2016;26(7):824-34. doi:10.1111/sms.12494.
26. Duzova H, Karakoc Y, Emre MH, Dogan ZY, Kilinc E. Effects of acute moderate and strenuous exercise bouts on IL-17 production and inflammatory response in trained rats. *Journal of sports science & medicine*. 2009;8(2):219. PMID: 24149529.
27. Brochu M, Malita MF, Messier V, Doucet Er, Strychar I, Lavoie J-M, et al. Resistance training does not contribute to improving the metabolic profile after a 6-month weight loss program in overweight and obese postmenopausal women. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2009;94(9):3226-33. doi:10.1210/jc.2008-330.
28. Beavers KM, Brinkley TE, Nicklas BJ. Effect of exercise training on chronic inflammation. *Clinica chimica acta*. 2010;411(11-12):785-93. doi:10.1016/j.cca.2010.02.036.
29. Gold R, Lühder F. Interleukin-17—extended features of a key player in multiple sclerosis. *The American journal of pathology*. 2008;172(1):8-10. doi:2353/ajpath.008.071136.
30. Becher B, Giacomini PS, Pelletier D, McCrea E, Prat A, Antel JP. Interferon- γ secretion by peripheral blood T-cell subsets in multiple sclerosis: Correlation with disease phase and interferon- β therapy. *Annals of Neurology: Official Journal of the American Neurological Association and the Child Neurology Society*. 1999;45(2):247-50. . doi.org/10.1002/531-8249(199902)45:2<247::AID-ANA16>3.0.CO;2-U.
31. Florindo M. Inflammatory cytokines and physical activity in multiple sclerosis. *International Scholarly Research Notices*. 2014;2014(1):151572. . doi:10.1155/2014/.
32. Korn T, Bettelli E, Oukka M, Kuchroo VK. IL-17 and Th17 Cells. *Annual review of immunology*. 2009;27(1):485-517. doi:10.1146/annurev.immunol.021908.132710.
33. Gaffen SL. Structure and signalling in the IL-17 receptor family. *Nature Reviews Immunology*. 2009;9(8):556-67. doi:10.1038/nri2586.
34. Gleeson M, Bishop NC. The T cell and NK cell immune response. *Ann Transplant*. 2005;10(4):44-9. PMID: 17037088.
35. Brenner I, Natale V, Vasiliou P, Moldoveanu A, Shek P, Shephard R. Impact of three different types of exercise on components of the inflammatory response. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 2009;80(5):452-60. doi.org/10.1007/s004210050617.