Journal of Sport and Exercise Physiology
2026, 19(1): 79-95

Orginal Article

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[1], Akbar Azamian Jazi[1*], Mohsen Akbarpour Beni[2]

[1] Department of Sport Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
[2] 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 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: In this quasi-experimental study thirty-six volunteers (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, was designed based on the ACSM guidelines for older adults, for 12 weeks, 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 of ANOVA with SPSS software.

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 23.2% and 53%, respectively. No significant changes in the levels of these cytokines were observed in the control group during the study period.

Conclusion: The findings of this research clearly demonstrated that a 12-week multi-component exercise program, encompassing resistance, aerobic, and balance training, can effectively reduce key inflammatory

* Corresponding Author's E-mail: azamian-a@sku.ac.ir
https://doi.org/10.48308/joeppa.2025.240980.1386
Received: 04/08/2025 Revised: 05/09/2025 Accepted: 14/09/2025

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

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. 2026;19(1):79-95.

نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی
۱۴۰۵، دوره ۱۹، شماره ۱، صفحه‌های ۷۹-۹۵

مقاله پژوهشی

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

زهرا ثمری ابراهیم‌زاده[۱]، اکبر اعظمیان جزی[۱*]، محسن اکبرپور بنی[۲]

[۱] گروه علوم ورزشی، دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
[۲] گروه علوم ورزشی، دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه قم، قم، ایران

چکیده

زمینه و هدف: فرایند پیری به یک وضعیت التهاب سراسری درجه خفیف مزمن وابسته 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 پیش‌التهابی است که بیشتر توسط سلول‌های Th1 و TCD4، سلول‌های کشندهٔ طبیعی (NK) و سلول‌های TCD8 تولید می‌شود. IFN-γ سایتوکاین اصلی فعال‌کنندهٔ ماکروفاژ است و در ایمنی ذاتی و اکتسابی با واسطهٔ سلولی علیه میکروب‌های داخل سلول نقش اساسی بر عهده دارد. با توجه به نقش التهاب مزمن در بروز بیماری‌های وابسته به سالمندی و اهمیت کنترل عوامل التهابی مانند IFN-γ و IL-17 در بهبود سلامت سالمندان، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین ورزشی چندجزئی (شامل تمرین هوازی، مقاومتی، تعادلی و انعطاف‌پذیری) بر سطوح سرمی این سایتوکاین‌ها در مردان سالمند انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: این پژوهش به‌صورت نیمه‌تجربی و دوگروهی با اندازه‌گیری دومرحله‌ای (پیش و پس‌آزمون) انجام شد. جامعهٔ آماری پژوهش مردان سالمند شهر قم بودند و آزمودنی‌های برگزیده‌شده (۳۶ مرد سالمند با میانگین سن ۳/۹۶±۶۶/۸۸ سال) به‌صورت تصادفی در دو گروه تمرین چندجزئی (۱۸ نفر) و کنترل (۱۸ نفر) جایگزین شدند. تمرین بر پایهٔ راهنمای تمرین ACSM برای افراد سالمند شامل تمرین با افزایش تدریجی شدت بر پایهٔ توانایی شرکت‌کنندگان به مدت ۱۲ هفته و سه جلسه در هفته تنظیم شد. هر جلسهٔ تمرین شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن، بخش اصلی تمرین (اجرای تمرین مقاومتی، هوازی و تعادلی) و پنج دقیقه بازیافت بود. نمونه‌های خون به مقدار پنج میلی‌لیتر از سیاهرگ پیش‌آرنجی پس از ۱۲ ساعت ناشتایی گرفته شد و سطوح IFN-γ و IL-17 با روش آزمایشگاهی ELISA اندازه‌گیری شدند. تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر دوطرفه انجام گرفت.

نتایج: تمرین چندجزئی به کاهش معنادار سطح اینترفرون گاما (p<۰/۰۰۱) و سطح اینترلوکین-۱۷ (p=۰/۰۰۱) منجر شد. به‌طوری‌که میزان اینترفرون گاما و اینترلوکین-۱۷ در گروه تمرین به‌ترتیب ۲۳/۲ و ۵۳ درصد کاهش یافت، درحالی‌که این تغییرات در گروه کنترل از نظر آماری معنادار نبود و هیچ تغییر معناداری در سطح این دو سایتوکاین دیده نشد.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این پژوهش بیانگر آن است که یک برنامهٔ ۱۲ هفته‌ای تمرین ورزشی چندجزئی، شامل تمرین مقاومتی، هوازی و تعادلی، می‌تواند به شکل مؤثری به کاهش نشانگرهای التهابی کلیدی مانند اینترفرون گاما و اینترلوکین-۱۷ در مردان سالمند منجر شود. بنابراین، این نوع تمرین می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد غیردارویی، ایمن و کارامد برای تعدیل پاسخ‌های ایمنی، کنترل التهاب مزمن و در نهایت بهبود سلامت عمومی در جمعیت سالمند استفاده شود.

* رایانامه نویسنده مسئول: azamian-a@sku.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۱۳ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۶/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۳

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

نحوه استناد به این مقاله: ثمری ابراهیم‌زاده ز، اعظمیان جزی ا، اکبرپور بنی م. تأثیر ۱۲ هفته تمرین ورزشی چند جزئی بر سطوح اینترفرون گاما و اینترلوکین-۱۷ در مردان سالمند. نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی. نشریهٔ فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی. ۱۴۰۴؛۰۰(۱):۷۹-۹۵.

مقدمه

فرایند پیری[1] که به‌عنوان کاهش توانایی و کارکرد زیستی جاندار با گذشت تعریف شده، حس کنجکاوی و هیجان بشر را در سراسر طول تاریخ به خود جذب کرده است. برخی یافته‌ها بیانگر آن‌اند که فرایند پیری وابسته به یک وضعیت التهاب سراسری درجه خفیف مزمن[2] است و با افزایش سطوح سرمی برخی از نشانگرهای التهابی شامل اینترلوکین-۱۷ (IL-17)[3] و اینترفرون گاما (IFN-γ)[4] مشخص می‌شود (۱). گمان می‌رود افزایش نشانگرهای التهابی با افزایش بافت چربی به‌ویژه چربی احشایی و افزایش آسیب اکسایشی همراه باشد (۲) و در نهایت، موجب افزایش خطر ابتلا به بیماری‌هایی مانند بیماری‌های قلبی-عروقی، سرطان و بیماری‌های شناختی در افراد سالمند می‌شود (۱). گمان می‌رود با افزایش سن، سرعت ساخت پروتئین‌های انقباضی ماهیچه‌ها، نوسازی پروتئین کل بدن، ساخت پروتئین‌های زنجیره‌سنگین میوزین میتوکندریایی کاهش می‌یابد (۳). از جمله عوامل دیگر در این زمینه، افزایش سایتوکاین‌های التهابی است. همهٔ این عوامل توانایی ایجاد پاسخ‌های ایمنی محافظتی علیه عفونت‌ها را در افراد سالمند کاهش می‌دهد که به افزایش مرگ‌ومیر و بیماری‌زایی ناشی از عفونت‌ها و سرطان منجر می‌شود. افزایش حساسیت به عفونت‌ها و همچنین کارایی ضعیف در سالمندان نشان‌دهندهٔ نقص در ایمنی تطبیقی و از جمله پاسخ‌های سلول‌های T و B است (۴). سلول‌های فراوانی از جمله سلول‌های لنفاوی، التهابی و خون‌ساز در شکل‌گیری یک پاسخ ایمنی مؤثر نقش دارند. برهمکنش پیچیدهٔ بین این سلول‌ها به گروهی از پروتئین‌ها وابسته است که سایتوکاین نام دارند و نقش میانجی بین سلول‌ها بازی می‌کنند (۵). در شرایط التهابی، سطوح سایتوکاین‌های پیش‌التهابی در خون افزایش و سایتوکاین‌های ضدالتهابی کاهش می‌یابد (۶).

IFN-γ یکی از سایتوکاین‌های پیش‌التهابی است که بیشتر توسط سلول‌های Th1 و TCD4، سلول‌های کشندهٔ طبیعی (NK) و سلول‌های TCD8 تولید می‌شود (۶). IFN-γ سایتوکاین اصلی فعال‌کنندهٔ ماکروفاژ است و در ایمنی ذاتی و اکتسابی با واسطهٔ سلولی علیه میکروب‌های داخل سلول نقش بنیادی دارد. IFN-γ از مهم‌ترین و برجسته‌ترین سایتوکاین‌هایی است که در فرایند التهاب نقش دارد و با اتصال به گیرندهٔ خود سبب فعال شدن مسیر JAK/STATE در داخل سلول می‌شود (۷). از سوی دیگر، IFN-γ یک سایتوکاین پیش‌التهابی با یک نقش مهم در تنظیم پاسخ‌های ایمنی است و به‌عنوان یکی از فعال‌کننده‌های ماکروفاژها با عملکردهای مختلف ضدباکتریایی و ضدویروسی در نظر گرفته شده است (۷).

گروهی دیگر از سایتوکاین‌ها، اینترلوکین‌ها هستند. این پروتئین‌ها از نظر نوع و عملکرد، تنوع و فراوانی بسیاری دارند. سلول‌های Th17 سایتوکاین‌هایی ترشح می‌کنند که موجب حرکت لوکوسیت‌ها و به‌ویژه نوتروفیل به محل‌های التهاب می‌شوند که بیشتر اعمال التهابی این سلول‌ها توسط IL-17 میانجی‌گری می‌شود. IL-17 یک سایتوکاین پیش‌التهابی است که در سلول‌های مختلفی از جمله لنفوسیت‌ها و سلول‌های میکروگلیا بیان می‌شود (۸). نقش‌های IL-17 می‌تواند چندگانه و پیچیده باشد، به‌طوری‌که گزارش شده است سطح این سایتوکاین در بیماری‌های التهابی مانند آسم، سرطان پروستات و اختلالات التهابی مفاصل افزایش پیدا می‌کند (۹). در پژوهشی، اثر شش ماه فعالیت بدنی روی مردان و زنان با میانگین سنی ۵۸ سال بررسی شد و یافته‌ها نشان داد که سطوح سایتوکاین‌های مختلفی از جمله IFN-γ در پی ورزش کاهش می‌یابد (۱۰). در مقابل، ماچادو و همکاران (۲۰۲۱)، با بررسی 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 اینترلوکین۱۷ و اینترفرون گاما در زنان مسن، نشان دادند این نوع تمرین مقاومتی و هوازی بیان ژن سایتوکاین‌های پیش‌التهابی IL-17 و IFN-γ را افزایش داده است (۱۱). شیمیزو و همکاران (۲۰۰۸) نیز با بررسی اثر شش ماه فعالیت ورزشی متوسط تمرین مقاومتی و تمرین استقامتی را در مردان و زنان سالمند، نشان دادند اینترفرون گاما در گروه تمرین به‌طور چشمگیر و معناداری بالاتر بود (۱۲).

اگرچه تمرین ورزشی در کاهش عوامل التهابی نقش دارند (۱۳)، با این همه، اغلب پژوهش‌های پیشین با رویکرد تک‌بعدی، به بررسی تأثیر یک نوع خاص از تمرین (مانند هوازی یا مقاومتی به‌تنهایی) بر دستگاه ایمنی پرداخته‌اند. این در حالی است که سالمندی پدیده‌ای چندوجهی است که با افت همزمان در چندین دستگاه فیزیولوژیک همراه است. بنابراین یک تمرین تک‌جزئی شاید نتواند به‌طور کامل به این مجموعه از چالش‌های فیزیولوژیک پاسخ دهد. همچنین از بین انواع فعالیت‌های بدنی، تأثیر تمرین ورزشی چندجزئی (مقاومتی، هوازی و تعادلی) بر روی سایتوکاین‌های التهابی از جمله IFN-γ و IL-17 به‌ویژه در سالمندان کمتر بررسی شده است. با توجه به وجود نتایج ضد و نقیض دربارهٔ تأثیر تمرین بر سطح IFN-γ و IL-17 و همچنین نبود پژوهش‌های کافی دربارهٔ تأثیر تمرین چندجزئی بر عوامل التهابی IFN-γ و IL-17 و دسترسی نداشتن به پژوهش‌های جامع روی مردان سالمند این سؤال مطرح است که آیا واقعاً ترکیب این سه نوع تمرین ورزشی می‌تواند از آثار نامطلوبی بکاهد که در دوران سالمندی رخ می‌دهد؟ از این‌رو، هدف این پژوهش بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین ورزشی چندجزئی بر سطوح IL-17 و IFN-γ در مردان سالمند بود.

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش: پژوهش حاضر در قالب یک طرح نیمه‌تجربی تصادفی و دوگروهی با اندازه‌گیری دومرحله‌ای (پیش و پس‌آزمون) انجام گرفت. جامعهٔ آماری پژوهش مردان سالمند شهر قم بودند و معیارهای ورود به پژوهش عبارت بود از: سن ۶۰ تا ۷۵ سال و شرکت نکردن در فعالیت ورزشی منظم و برنامه‌ریزی‌شده طی شش ماه گذشته و نیز نبود مشکل سلامتی بر پایهٔ پیشینهٔ پزشکی و معاینات سلامتی. همچنین معیارهای خروج از پژوهش شامل تمایل شخصی آزمودنی‌ها بر قطع مشارکت، غیبت در آزمون‌ها و غیبت بیش از دو جلسه در تمرین ورزشی، رژیم دارویی خاص یا شرایط تغذیه‌ای یا بروز ناتوانی حرکتی بود. پس از توزیع برگهٔ همکاری شرکت در طرح پژوهشی در بین آزمودنی‌ها، اهداف پژوهش و روش‌های اندازه‌گیری توسط پژوهشگر برای آن‌ها شرح داده شد. سپس رضایت‌نامهٔ آگاهانه و پرسشنامهٔ پیشینهٔ پزشکی و پرسشنامهٔ 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 اندازهٔ اثر ۰/۵، ۳۶ آزمودنی که شرایط شرکت در پژوهش را داشتند، به‌صورت تصادفی در دو گروه، تمرین چندجزئی (۱۸ نفر) و کنترل (۱۸ نفر) جایگزین شدند. این پژوهش توسط کمیتهٔ اخلاق دانشگاه شهرکرد به شمارهٔ IR.SKU.REC.1403.045 ثبت شده است.

روش اجرای پژوهش: تمرین بر پایهٔ راهنمای تمرین ACSM برای افراد سالمند شامل تمرین با افزایش تدریجی شدت بر پایهٔ توانایی شرکت‌کنندگان به مدت ۱۲هفته و سه جلسه در هفته تنظیم شد (۱۴) (جدول ۱). هر جلسهٔ تمرین شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن، بخش اصلی تمرین (اجرای تمرین مقاومتی، هوازی و تعادلی)

و پنج دقیقه بازیافت بود (۱۵). به این صورت که پس از گرم کردن به‌صورت راه رفتن سریع، دویدن آهسته و حرکات کششی و نرمشی، تمرین مقاومتی، سپس بخش تمرین هوازی و در بخش سوم تمرین تعادلی اجرا می‌شد. در پایان هر جلسه، سرد کردن با اجرای حرکات کششی و نرمشی به مدت پنج دقیقه اجرا می‌شد. با این همه، گروه کنترل طی این ۱۲ هفته در هیچ‌گونه فعالیت ورزشی شرکت نکردند. این تمرین در زمین چمن و سالن بدنسازی ورزشگاه شهید حیدریان شهر قم انجام شد.

جدول ۱. تمرین ورزشی چندجزئی استفاده‌شده در پژوهش

بخش‌های تمرین	حرکات	هفته‌ها	مدت هر جلسه	شدت
تمرین مقاومتی با کش تراباند	جلوبازو، پرس پشت‌بازو، خم شدن تنه به جلو و عقب، دور و نزدیک کردن پا از مفصل لگن، خم و باز کردن زانو، خم و باز کردن مچ پا	هفته اول تا چهارم	۲۰-۲۵ دقیقه	دو نوبت ۸-۱۰ تکرار
		هفتهٔ پنجم تا هشتم	۲۵-۳۰ دقیقه	سه نوبت ۸-۱۲ تکرار
		هفتهٔ نهم تا دوازدهم	۳۰-۴۰ دقیقه	سه نوبت ۸-۱۲ تکرار
هوازی	گام زدن نشسته روی صندلی، گام زدن درجا و ایستاده، چرخش بازوها، خم شدن به پهلو، بالا بردن بازوها از کنار بدن و پروانه	هفتهٔ اول تا چهارم	۱۰ دقیقه	۴۰-۵۰ درصد ضربان قلب بیشینه
		هفتهٔ پنجم تا هشتم	۱۵ دقیقه	۵۰-۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه
		هفتهٔ نهم تا دوازدهم	۲۰ دقیقه	۶۰-۶۵ درصد ضربان قلب بیشینه
تعادل	بشین و پاشو، خم شدن زانو، راه رفتن به عقب، راه رفتن و چرخیدن به اطراف، راه رفتن به پهلو، ایستادن روی پاشنه و پنجه، راه رفتن روی پاشنه و پنجه و ایستادن روی یک پا	هفتهٔ اول تا چهارم	۱۰ دقیقه	با دودست حمایتی
		هفتهٔ پنجم تا هشتم	۱۰ دقیقه	با یک دست و یا بدون دست هدایتی
		هفتهٔ نهم تا دوازدهم	۱۰ دقیقه	بدون دست حمایتی

تمرین مقاومتی بر پایهٔ شیوه‌نامهٔ کالج پزشکی ورزشی آمریکا طراحی شد (۱۴). پیش از آغاز تمرین مقاومتی، شرکت‌کنندگان در گروه آزمایش در مورد نحوهٔ استفاده از باندهای الاستیک آموزش دیدند. تکنیک درست تمرین، فواصل استراحت و همراستا با شیوهٔ تمرین به‌دقت پایش شد. هر جلسه ۲۰-۴۰ دقیقه تمرین مقاومتی است که تمرین برای گروه‌های ماهیچه‌ای اصلی، از جمله بازوها، شانه، شکم، پشت و پاها انجام شد. در این پژوهش سطوح مقاومت باندهای الاستیک از کمترین مقاومت (زرد) آغاز شد و به‌تدریج افزایش یافت. رنگ‌های مشخص‌شده برای هر دورهٔ زمانی، بیانگر سطح کلی پیشرفت مقاومت است. در عمل، برای هر حرکت به‌صورت مجزا، رنگ باندی انتخاب می‌شد که با توانایی گروه ماهیچه‌ای مربوطه متناسب باشد و به شرکت‌کننده اجازه دهد تا تکرارهای هدف را در محدودهٔ RPE تعیین‌شده (۱۲-۱۴) اجرا کند. برای نمونه رنگ باند مورد استفاده برای ماهیچه‌های پا در یک جلسه، می‌توانست با رنگ باند مورد استفاده برای ماهیچه‌های بازو متفاوت باشد. شدت تمرین با انتخاب رنگ مناسب باند کشی تنظیم می‌شد، به‌طوری‌که شرکت‌کنندگان قادر به تکمیل دامنهٔ تکرارهای مشخص‌شده (برای نمونه ۸-۱۲ تکرار) با حفظ شکل درست حرکت باشند. همچنین از مقیاس درک فشار بورگ برای کنترل شدت استفاده شد. همچنین

زمانی‌که شرکت‌کنندگان نمی‌توانستند شدت مقاومت رنگ باند بعدی را تحمل کنند، رنگ پیشین برای یک جلسهٔ اضافی حفظ می‌شد (۱۵، ۱۶). پیشرفت تمرین مقاومتی از طریق افزایش مقاومت کش‌های تمرینی (تغییر رنگ به باندهای ضخیم‌تر) یا افزایش شمار نوبت‌ها و تکرارها صورت می‌گرفت. هدف این بود که شرکت‌کنندگان همواره تمرین را در دامنهٔ ۱۲ تا ۱۴ RPE (تا حدودی سخت) تجربه کنند (جدول ۲).

جدول ۲. شیوهٔ تمرین مقاومتی با باندها و نوارهای کشی

	رنگ باندهای کشی							تمرین		
هفته‌ها	زرد	قرمز	سبز	آبی	سیاه	تکرارها	نوبت‌ها	RPE
۱	*					۱۰-۸	۲-۱	۱۴-۱۲
۲	*					۱۰-۸	۳-۲	۱۴-۱۲
۳	*					۱۲-۱۰	۳-۲	۱۴-۱۲
۴	*					۱۲-۱۰	۳	۱۴-۱۲
۵		*				۱۰-۸	۳	۱۴-۱۲
۶		*				۱۲-۱۰	۳	۱۴-۱۲
۷			*			۱۰-۸	۳	۱۴-۱۲
۸			*			۱۲-۱۰	۳	۱۴-۱۲
۹				*		۱۰-۸	۳	۱۴-۱۲
۱۰				*		۱۲-۱۰	۳	۱۴-۱۲
۱۱					*	۱۰-۸	۳	۱۴-۱۲
۱۲					*	۱۲-۱۰	۳	۱۴-۱۲

تمرین هوازی بر پایهٔ شیوه‌نامهٔ کالج پزشکی ورزشی آمریکا طراحی شد (۱۴). 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 هفتهٔ اول ۱۰ دقیقه، به‌تدریج به زمان تمرین افزوده می‌شود، به‌نحوی که چهار هفتهٔ دوم ۱۵ دقیقه و در نهایت، چهار هفتهٔ سوم به ۲۰ دقیقه رسید. شدت تمرین نیز با ۴۰ درصد ضربان قلب بیشینه در جلسهٔ اول آغاز شد که به‌تدریج بر شدت تمرین افزوده شد و به ۶۵ درصد ضربان قلب بیشینه رسید (جدول ۳). برای تعیین شدت تمرین هوازی از ضربان قلب بیشینه[5] (سن-۲۲۰) استفاده شد. همچنین در خصوص کنترل شدت تمرین، این کار با تعیین ضربان قلب آزمودنی‌ها پیش از آغاز تمرین، حین اجرا و پس از انجام فعالیت در هر جلسه توسط پژوهشگران با استفاده از ضربان‌سنج پولار انجام گرفت (۱۵). گفتنی است که با توجه به سطح آمادگی پایین و بی‌تحرکی آزمودنی‌ها، شدت تمرین در هفته‌های ابتدایی به‌صورت محافظه‌کارانه برگزیده شد تا ضمن ایجاد سازگاری‌های اولیه، پایبندی آزمودنی‌ها به تمرینی افزایش یابد و از بروز خطرهای احتمالی جلوگیری شود. اگرچه فرمول سن-۲۲۰ دارای محدودیت‌هایی است، اما به‌عنوان راهنمای اولیه برای آغاز تمرین در این جمعیت استفاده شد.

جدول ۳. شیوهٔ انجام 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
۱۰	۲۰	۶۵-۶۰
۱۱	۲۰	۶۵-۶۰
۱۲	۲۰	۶۵-۶۰

سومین جزء برنامهٔ ورزشی، 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 پهلو، ایستادن روی پاشنه و پنجه، راه رفتن روی پاشنه و پنجه و ایستادن روی یک پا اجرا بود (جدول ۱).

روش‌های آزمایشگاهی: گردآوری نمونه‌های خون به مقدار پنج میلی‌لیتر از سیاهرگ پیش‌آرنجی پس از ۱۲ ساعت ناشتایی و در دو مرحلهٔ ۴۸ ساعت پیش از آغاز نخستین جلسهٔ تمرین و مرحلهٔ پس‌آزمون، ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسهٔ تمرینی در پایان هفتهٔ دوازدهم اجرا شد. نمونه‌های خونی در لوله‌های آزمایش برای بررسی سطوح IFN-γ و IL-17 به آزمایشگاه انتقال داده شد. اندازه‌گیری سطوح سرمی عوامل 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 درون‌سنجی CV<10٪ و با دقت بین‌آزمونی CV<12٪ استفاده شد.

تحلیل آماری: پس از گردآوری داده‌ها، ابتدا وضعیت طبیعی بودن داده‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک و تجانس واریانس با آزمون لوین بررسی شد. مقایسهٔ گروهی با استفاده از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر دوطرفهٔ گروه (کنترل و تمرین) × زمان (پیش و پس از ۱۲ هفته) و آزمون تعقیبی LSD انجام شد. تجزیه‌وتحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS در سطح معناداری P< ۰/۰۵ انجام شد.

نتایج

مشخصات آزمودنی‌ها شامل سن، قد، وزن و نمایهٔ تودهٔ بدن گروه‌های پژوهش در جدول ۴ نشان داده شده است.

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

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

جدول ۵. مقایسهٔ نشانگرهای مورد بررسی با تحلیل 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					

یافته‌های وابسته به نشانگر IFN-γ (جدول ۵) نشان‌دهندهٔ آن است که سطح معناداری مورد محاسبهٔ بین‌گروهی (P=۰/۴۵۹) از سطح معناداری تعیین‌شده (P<۰/۰۵) بزرگ‌تر است؛ یعنی تفاضل میانگین سطح IFN-γ بین دو گروه کنترل و تجربی معناداری نیست. همچنین، یافته‌ها نشان می‌دهد تغییرات درون‌گروهی در گروه تجربی و کنترل نیز پیش و پس از ۱۲ هفته تمرین چندجزئی (هوازی، مقاومتی، تعادلی) از لحاظ آماری معناداری نیست (P=۰/۵۸۴). درحالی‌که بررسی تأثیر همزمان زمان×گروه تغییرات معناداری را نشان می‌دهد (P=۰/۰۰۱)، (F=۱۲/۸۸۰)، (Partial Eta Squared = ۰/۲۷۵)، به‌نحوی که IFN-γ به میزان ۲۰/۲۶ درصد کاهش داشت.

همچنین تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر دوطرفه دربارهٔ عامل IL-17 (جدول ۵) نشان داد سطح معناداری مورد محاسبهٔ بین‌گروهی (P=۰/۰۲۹) از سطح معناداری تعیین‌شده (P<۰/۰۵) کوچک‌تر است؛ یعنی تفاضل میانگین سطح IL-17 بین دو گروه کنترل

و تجربی معناداری است. به‌عبارت دیگر، تفاوت معناداری بین‌گروهی در IL-17 می‌تواند به کاهش در سطح IL-17 در گروه تمرین و افزایش در گروه کنترل نسبت داده شود. یافته‌ها نشان می‌دهد تغییرات درون‌گروهی در گروه تجربی و کنترل نیز پیش و پس از ۱۲ هفته تمرین چندجزئی (هوازی، مقاومتی و تعادلی) از لحاظ آماری معناداری نیست (P=۰/۱۷۳). بررسی تأثیر همزمان زمان×گروه نیز تغییرات معناداری را در سطح IL-17 نشان می‌دهد (P<۰/۰۰۱)، (F=۲۶/۷۵۹)، (Partial Eta Squared =۰/۴۴) به‌نحوی که IL-17 به مقدار ۵۳ درصد کاهش داشت.

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین ورزشی چندجزئی بر سطح اینترفرون گاما و اینترلوکین-۱۷ در مردان سالمند، انجام گرفت. یافته‌های به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری IFN-γ و IL-17 نشان داد که ۱۲هفته تمرین چندجزئی اثر مثبتی بر سایتوکاین‌های پیش‌التهابی IFN-γ و IL-17 در مردان سالمند داشته است. به‌نحوی که یافته‌های این پژوهش به کاهش سطح IFN-γ اشاره دارد. یافته‌های این پژوهش با یافته‌های اسمیت و همکاران (۲۰۰۰) مبنی بر اثر کاهندهٔ شش ماه فعالیت بدنی بر سطوح سایتوکاین IFN-γ ۵۲ مرد و ۱۸ زن با میانگین سنی ۵۸ سال (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 بررسی و مشاهده کردند اینترفرون گاما در گروه تمرین به‌طور چشمگیر و معناداری بالاتر بود (۱۲).

تفاوت و تناقضات برخی از یافته‌های این پژوهش در مقایسه با برخی پژوهش‌های پیشین، می‌تواند به‌جای تبیین‌های کلی، از طریق سازوکارهای فیزیولوژیک دقیق‌تری توضیح داده شود. این تفاوت‌ها شاید ریشه در تعامل پیچیدهٔ میان سن شرکت‌کنندگان، مدت زمان مداخله و ماهیت چندجزئی شیوهٔ تمرین دارد. نخست، عامل سن و پدیدهٔ التهاب پیری؛ جامعهٔ آماری این پژوهش را سالمندانی تشکیل می‌دادند که به‌طور طبیعی دارای سطح پایه بالاتری از التهاب سراسری درجهٔ خفیف مزمن هستند. این سطح التهاب بالا، که بخشی از آن به‌دلیل افزایش تودهٔ چربی احشایی و کاهش کارکرد زیستی دستگاه ایمنی است، بدین معناست که توانایی بیشتری برای کاهش سایتوکاین‌های پیش‌التهابی وجود دارد. بنابراین یک برنامهٔ ورزشی منظم با کاهش تودهٔ چربی (منبع اصلی آدیپوکاین‌های التهابی) و افزایش مایوکاین‌های ضدالتهابی از ماهیچه‌های فعال، می‌تواند اثر کاهشی معنادارتری در این جمعیت داشته باشد؛ اثری که شاید در افراد جوان یا میانسال با سطح پایهٔ التهاب پایین‌تر، به این روشنی دیده نشود (۱۷)؛ دوم، تفاوت پاسخ حاد و مزمن به تمرین؛ مدت زمان ۱۲ هفته‌ای این پژوهش، فرصت کافی برای بروز سازگاری‌های مزمن ضدالتهابی را فراهم می‌آورد. پژوهش‌های کوتاه‌مدت (برای نمونه کمتر از هشت هفته) شاید بیشتر این پاسخ حاد را نمایان سازند. در مقابل، با تداوم تمرین برای دوره‌ای مانند ۱۲ هفته، بدن سازگاری‌هایی مانند بهبود ظرفیت ضداکسایشی، کاهش فشار اکسایشی و تنظیم مجدد دستگاه ایمنی به سمت یک فنوتیپ ضدالتهابی را تجربه می‌کند (۱۸). بنابراین، یافته‌های این پژوهش شاید بیانگر برتری تأثیرات ضدالتهابی مزمن بر پاسخ‌های التهابی حاد باشد. سوم، اثر هم‌افزایی تمرین چندجزئی؛ شیوهٔ تمرین ما ترکیبی از تمرین هوازی، مقاومتی و تعادلی بود که هریک از مسیرهای متفاوتی بر کاهش التهاب تأثیر می‌گذارند. تمرین هوازی بیشتر از طریق کاهش تودهٔ چربی احشایی و بهبود کارکرد زیستی اندوتلیال عروق به کاهش التهاب کمک می‌کنند. تمرین مقاومتی با افزایش تودهٔ ماهیچه‌ای مایوکاین‌های

ضدالتهابی ترشح می‌کند و بهبود حساسیت به انسولین (مقاومت به انسولین خود یک وضعیت پیش‌التهابی است)، در این فرایند نقش دارند (۱۹). ترکیب این دو نوع تمرین شاید اثری هم‌افزا و قوی‌تر از اجرای هریک به‌تنهایی دارد که ممکن است دلیل نتایج مثبت و معنادار دیده‌شده در این پژوهش در مقایسه با پژوهش‌هایی 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 سطحIFN-γ می‌تواند نشانه‌ای از تنظیم پایدارتر دستگاه ایمنی در پاسخ به تمرین باشد (۲۰). تمرین‌های هوازی به‌طور ویژه می‌توانند با افزایش جریان خونی و انتقال مواد سوخت‌وسازی به دستگاه‌های مختلف بدن، به کاهش سطوح سایتوکاین‌های التهابی کمک کنند. این نوع تمرین سبب افزایش سطح ضدالتهابی‌های مانند IL-10 می‌شود که می‌تواند IFN-γ را مهار کند (۱۸). تمرین‌های مقاومتی نیز می‌توانند تأثیرات ضدالتهابی داشته باشند. این نوع تمرین موجب افزایش سطح هورمون‌هایی مانند تستوسترون و IGF-1 می‌شود که می‌توانند تأثیرات ضدالتهابی داشته باشند و سایتوکاین‌های التهابی را کاهش دهند (۲۱). تمرین‌های تعادلی می‌توانند به‌طور غیرمستقیم تأثیر بر دستگاه ایمنی داشته باشند. این نوع تمرین سبب کاهش تنش‌های بدنی و روانی می‌شود که می‌تواند به کاهش ترشح هورمون‌های تنشی مانند کورتیزول منجر شود. کاهش کورتیزول می‌تواند آثار مثبتی روی سایتوکاین‌های التهابی و دستگاه ایمنی داشته باشد (۲۲). پژوهش‌های مختلف نشان داده‌اند با افزایش سن، بافت چربی شکمی افزایش و بافت ماهیچه‌ای بدن کاهش می‌یابد (۲۳). گمان می‌رود انجام تمرین در سالمندان موجب به‌کارگیری بیشتر ماهیچه‌ها برای انجام فعالیت می‌شود. از آنجا که تمرین مقاومتی و استقامتی سبب افزایش اکسایش چربی می‌شود، می‌تواند سبب کاهش سایتوکاین‌های پیش‌التهابی شود (۲۴).

در زمینهٔ تغییر سطح IL-17 نتایج این پژوهش کاهش این نشانگر را در گروه تمرین در مقایسه با گروه کنترل نشان داد. یافته‌های این پژوهش با یافته‌های کژالده و همکاران (۲۰۱۶) که در پژوهشی کاهش IL-17 را پس از تمرین مقاومتی گزارش کردند (۲۵)، همسو بود. درحالی‌که در پژوهش 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 اینترلوکین۱۷ و اینترفرون گاما در زنان مسن ارزیابی شد، یافته‌های این پژوهش نشان داد که این نوع تمرین 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 ورزش، برخی تفاوت‌های ژنتیکی و نژادی و یا تفاوت بین نمونه‌های آزمودنی را دخیل دانست. شرایط متفاوت بدنی و روانی آزمودنی‌ها نیز می‌تواند در این زمینه تأثیرگذار باشد، یکی دیگر از دلایل ناهمسویی می‌تواند شمار جلسات تمرینی و نوع تمرین باشد. از آنجایی که انجام تمرین با شدت بالا می‌تواند سایتوکاین‌های پیش‌التهابی را فعال کند و این سایتوکاین‌ها بیان اینترلوکین۱۷ را افزایش می‌دهند، شاید سازوکار درگیر وابسته به این موضوع این است که ورزش شدید سبب رهاسازی سایتوکاین‌های پیش‌التهابی می‌شود و این سایتوکاین‌ها، سایتوکاین‌های ضدالتهابی مانند اینترلوکین-۱۰ و اینترفرون را تولید می‌کنند (۲۶). گمان می‌رود تولید پیاپی و پیوستهٔ سایتوکاین‌های التهابی و ضدالتهابی دلیل آغاز تولید اینترلوکین۱۷ از طریق لکوسیت‌های محیطی خون و ماهیچهٔ اسکلتی باشد (۲۶). تولید

سایتوکاین‌ها شاید تحت تأثیر عوامل فیزیولوژیکی ناشی از فعالیت ورزشی مثل هورمون‌های تنشی، اسیدوز، فشار اکسایشی و گرما قرار گیرد. با این همه، گزارش شده است تمرین مقاومتی به‌تنهایی در بهبود نشانگرهای التهابی اثر ندارد (۲۷)، ولی وقتی با کاهش وزن همراه باشد، بهبود معناداری در متغیرهای التهابی و سوخت‌وسازی دیده می‌شود (۱۹). گمان می‌رود فعالیت بدنی و التهاب تا اندازه‌ای به اثر فعالیت بدنی بر بافت چربی وابسته باشد، میزان بافت چربی بی‌تردید بیشترین ارتباط را با نشانگرهای التهابی در گردش دارد. در نتیجه کاهش وزن در این پژوهش می‌تواند از دلایل کاهش اینترلوکین۱۷ باشد (۲۸). در این پژوهش، کاهش چشمگیر در تولید IL-17 نشان می‌دهد که تمرین ترکیبی تأثیرات ضدالتهابی سودمندی با کاهش تولید IL-17 دارد و شاید بر سایتوکاین‌های التهابی آستروسیت و مایع مغزی-نخاعی تأثیر بگذارد. اینترفرون گاما به‌عنوان یک محصول سایتوکینی مهم از پاسخ نوع Th1، می‌تواند پاسخ التهابی را القا کند (۲۹). گمان می‌رود برای کاهش عوامل پیش‌التهابی، به‌خصوص اینترلوکین۱۷ شدت تمرین نباید بالا در نظر گرفته شود (۳۰). در این پژوهش نیز که کاهش در سایتوکاین پیش‌التهابی اینترلوکین۱۷ در اثر تمرین رخ داده، شدت تمرین زیاد نبوده است. در واقع، انجام تمرین مقاومتی از طریق کاهش اینترلوکین۱۷ پلاسما، اثر ضدالتهابی مفیدی دارد و شاید سایتوکاین‌های التهابی آستروسیت و CSF را تحت تأثیر قرار دهد. همچنین از سایتوکاین‌ها و اینترفرون به‌عنوان یک سازوکار کاهندهٔ اینترلوکین-۱۷ یاد شده است. گمان می‌رود یکی از دلایل کاهش اینترلوکین ۱۷ اثرهای ضدالتهابی اینترفرون باشد. همچنین انجام تمرین بدنی می‌تواند پاسخ‌های هورمونی و ایمنی در بدن را فعال کند و این قابلیت را دارد که التهاب مزمن عصبی و آسیب‌های وابسته به آن را با هدف قرار دادن سایتوکاین‌های التهابی و ضدالتهابی بهبود بخشد (۳۰). بنابراین، نوع تمرین ورزشی چندجزئی در این پژوهش شاید دلیل کاهش IL-17 باشد. IL-17 یک سایتوکاین دارای اهمیت در دستگاه ایمنی است که توسط سلول‌های T-helper17 (Th17) ترشح می‌شود (۳۱). این سایتوکاین نقش برجسته‌ای در تنظیم واکنش‌های التهابی، محافظت در برابر عفونت‌های میکروبی و همچنین توسعهٔ بیماری‌های التهابی مزمن ایفا می‌کند (۳۲). تمرین ورزشی می‌تواند از طریق سازوکارهای مختلف بر بیان IL-17 تأثیر بگذارد. یکی از این سازوکارها تنظیم پیام‌های مولکولی وابسته به دستگاه ایمنی است. فعالیت بدنی می‌تواند با کاهش سطح سایتوکاین‌های التهابی و افزایش سایتوکاین‌های ضدالتهابی، مانند IL-10 و TGF-β، به کاهش بیان IL-17منجر شود (۳۳). یافته‌های برخی پژوهش‌ها بیانگر این است که عوامل هورمونی می‌توانند بر تغییرات سطوح سایتوکاین‌های سرمی ناشی از تمرین ورزشی اثر چشمگیری داشته باشند. همچنین کاتکولامین‌ها اثر مستقیمی بر ترشح سایتوکاین‌های التهابی دارند. در پاسخ به فعالیت بدنی و ورزش، تغییرات هورمونی رخ می‌دهد که سبب افزایش غلظت چندین هورمون از جمله هورمون‌های کورتیزول، رشد و اپی نفرین می‌شود. کورتیزول و اپی‌نفرین تولید سایتوکاین‌های التهابی را سرکوب می‌کنند. تمرین مقاومتی با افزایش تحریک ساخت پروتئین‌ها و تودهٔ ماهیچه‌ای، موجب کاهش ذخایر چربی بدن می‌شود و به‌دنبال آن، خاموش شدن ژن سایتوکاین‌های التهابی در بافت ماهیچه‌ای و کاهش سطوح سرمی مولکول‌های چسبان لوکوسیتی با مهار واکنش مونوسیت‌ها و سلول‌های اندوتلیال، در نهایت به کاهش التهاب منجر می‌شود (۳۴).

روی‌هم‌رفته یافته‌های این پژوهش که ۱۲هفته تمرین چندجزئی به تغییرات مثبت در سطوح IFN-γ و IL-17 در مردان سالمند منجر شد. سازوکارهای اثر تمرین

ورزشی چندجزئی بر متغیرهای زیستی، از طریق تعدیل مسیرهای التهابی و ایمنی عمل می‌کنند؛ بنابراین، طراحی برنامه‌های تمرینی طولانی‌مدت برای بهینه‌سازی تأثیرات ضدالتهابی و سوخت‌وسازی ضروری است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که ۱۲هفته تمرین ورزشی چندجزئی با تأثیر بر مسیرهای التهابی می‌تواند به‌عنوان مداخلهٔ مؤثری برای بهبود نشانگرهای التهابی مانند IFN-γ و IL-17 در مردان سالمند استفاده شود. این پژوهش گامی مهم و ارزنده در جهت درک تأثیر تمرین چندجزئی بر سلامت سالمندان است. اگرچه یافته‌ها به تأیید در پژوهش‌های گسترده‌تر نیاز دارند، اما این پژوهش توانایی این مداخله را در بهبود کیفیت زندگی و کاهش خطر بیماری‌های وابسته به افزایش سن نشان می‌دهد.

با این همه و با وجود یافته‌های ارزشمند، باید به برخی از محدودیت‌های این پژوهش اشاره کرد؛ نخست، حجم نمونه نسبتاً کوچک بود که می‌تواند قدرت تعمیم‌پذیری یافته‌ها را کاهش دهد؛ دوم، این پژوهش تنها روی مردان سالمند انجام گرفت، از این‌رو، شاید این یافته‌ها برای زنان یا سایر گروه‌های سنی صدق نکند؛ سوم، متغیرهای تأثیرگذار دیگری مانند رژیم غذایی و سطح تنش‌های روزانهٔ شرکت‌کنندگان کنترل نشدند که می‌توانستند بر سطوح سایتوکاین‌های التهابی مؤثر باشند؛ چهارم، نبود تمرین مقاومتی اختصاصی برای گروه‌های ماهیچه‌ای بزرگ مانند ماهیچه‌ها سینه‌ای و پشتی بزرگ بود. شیوهٔ تمرین حاضر با تمرکز بر بهبود توانایی کارکرد زیستی و با در نظر گرفتن محدودیت‌های تجهیزاتی (کش تراباند) و ایمنی سالمندان طراحی شد. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، تمرین جامع‌تری که این گروه‌های ماهیچه‌ای را نیز پوشش دهند، بررسی شوند. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده این محدودیت‌ها را با استفاده از نمونه‌های بزرگ‌تر و متنوع‌تر و با کنترل متغیرهای مخدوشگر بیشتر برطرف سازند.

تشکر و قدردانی

از زحمات همهٔ آزمودنی‌هایی که صادقانه و با صمیمیت در انجام این پژوهش ما را یاری کردند سپاسگزاری و قدردانی می‌شود.

حمایت مالی

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

مشارکت نویسندگان

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

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

پی‌نوشت‌ها

[1] Ageing
[2] Chronic low-grade systemic inflammation
[3] Interleukin-17
[4] Interferon-gamma
[5] Maximum heart rate

منابع

1. Michaud M, Balardy L, Moulis G, Gaudin C, Peyrot C, Vellas B, et al. Proinflammatory cytokines, aging, and age-related diseases. J Am Med Dir Assoc. 2013;14(12):877-82. https://doi.org/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. https://doi.org/10.1016/j.arr.2010.11.002

3. Karakelides H, Nair KS. Sarcopenia of aging and its metabolic impact. Curr Top Dev Biol. 2005;68:123-48. https://doi.org/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. https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2007.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-1β 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. https://doi.org/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. https://doi.org/10.1177/0961203315624557

7. Schroder K, Hertzog PJ, Ravasi T, Hume DA. Interferon-γ: an overview of signals, mechanisms and functions. J Leukoc Biol. 2004;75(2):163-89. https://doi.org/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. https://doi.org/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. https://doi.org/10.1016/S1359-6101(03)00002-9

10. Smith LL. Cytokine hypothesis of overtraining: a physiological adaptation to excessive stress? Med Sci Sports Exerc. 2000;32(2):317-31. https://doi.org/10.1097/00005768-200002000-00011

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. https://doi.org/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. https://doi.org/PMID: 19203082

13. Petersen AM, Pedersen BK. The role of IL-6 in mediating the anti-inflammatory effects of exercise. J Physiol Pharmacol. 2006;57 Suppl 10:43-51.

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, Siviroj P. Multicomponent Exercise Program Reduces Frailty and Inflammatory

Biomarkers and Improves Physical Performance in Community-Dwelling Older Adults: A Randomized Controlled Trial. Int J Environ Res Public Health. 2020;17(11). https://doi.org/10.3390/ijerph17113760

16. Huang SW, Ku JW, 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;53(4):556-63. https://doi.org/10.23736/s1973-9087.17.04443-4

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. Mech Ageing Dev. 2007;128(1):92-105. https://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. https://doi.org/10.1038/nri3041

19. Beavers KM, Brinkley TE, Nicklas BJ. Effect of exercise training on chronic inflammation. Clinica Chimica Acta. 2010;411(11):785-93. https://doi.org/10.1016/j.cca.2010.02.069

20. Shephard RJ. Limits to the measurement of habitual physical activity by questionnaires. Br J Sports Med. 2003;37(3):197-206. https://doi.org/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. https://doi.org/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. https://doi.org/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. https://doi.org/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. https://doi.org/10.1503/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. Scand J Med Sci Sports. 2016;26(7):824-34. https://doi.org/10.1111/sms.12504

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. J Sports Sci Med. 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. J Clin Endocrinol Metab. 2009;94(9):3226-33. .

https://doi.org/10.1210/jc.2008-2330

28. Gold R, Lühder F. Interleukin-17—extended features of a key player in multiple sclerosis. Am J Pathol. 2008;172(1):8-10. https://doi.org/10.2353/ajpath.2008.071136

29. Becher B, Giacomini PS, Pelletier D, McCrea E, Prat A, Antel JP. Interferon-gamma secretion by peripheral blood T-cell subsets in multiple sclerosis: correlation with disease phase and interferon-beta therapy. Ann Neurol. 1999;45(2):247-50.

30. Florindo M. Inflammatory cytokines and physical activity in multiple sclerosis. Int Sch Res Notices. 2014;2014(1):151572. . https://doi.org/10.1155/2014/151572

31. Korn T, Bettelli E, Oukka M, Kuchroo VK. IL-17 and Th17 Cells. Annu Rev Immunol. 2009;27:485-517. https://doi.org/10.1146/annurev.immunol.021908.132710

32. Gaffen SL. Structure and signalling in the IL-17 receptor family. Nat Rev Immunol. 2009;9(8):556-67. https://doi.org/10.1038/nri2586

33. Gleeson M, Bishop NC. The T cell and NK cell immune response to exercise. Ann Transplant. 2005;10(4):43-8.

34. Brenner IKM, Natale VM, Vasiliou P, Moldoveanu AI, Shek PN, Shephard RJ. Impact of three different types of exercise on components of the inflammatory response. Eur J Appl Physiol. 1999;80(5):452-60. https://doi.org/10.1007/s004210050617