

Effects of 8 Weeks of High-Intensity Functional Training and Green Cardamom Supplementation on Cardiorespiratory Hemodynamic Responses and Exercise Tolerance: A Randomized Controlled Trial in Postmenopausal Women

Zahra Abedpour Karizaki¹, Nafiseh Nasrollahi Boroujeni¹, Valiollah Dabidi Roshan^{1, 2*}

Zahra Abedpour Karizaki  0009-0007-2620-094X | Nafiseh Nasrollahi Boroujeni  0000-0002-2720-4623 | Valiollah Dabidi Roshan  0000-0002-2202-7349

¹ Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Science, University of Mazandaran, Babolsar, Iran

² Athletic Performance and Health Research Centre, Faculty of Sport Science, University of Mazandaran, Babolsar, Iran

Abstract

Background and Purpose: Menopause is a natural stage in women's lives characterized by substantial hormonal alterations, particularly a decline in estrogen levels, which may adversely affect cardiovascular function, aerobic capacity, vascular regulation, and overall cardiopulmonary health. These physiological changes contribute to an elevated risk of cardiovascular disease and reduced functional capacity. Consequently, identifying effective non-pharmacological interventions to attenuate menopause-related physiological decline has become an important area of research. High-Intensity Functional Training (HIFT), due to its incorporation of multi-joint, whole-body movements performed at relatively high intensities, has been recognized as a promising exercise modality capable of eliciting favorable cardiovascular, metabolic, and respiratory adaptations. In addition, green cardamom, a medicinal plant rich in bioactive compounds with antioxidant and anti-inflammatory properties, may contribute to improved cardiovascular health by reducing oxidative stress and enhancing physiological function. Therefore, the present study aimed to investigate the effects of eight weeks of HIFT, with and without green cardamom supplementation, on cardiovascular hemodynamic indices and their responses to the modified Bruce exercise protocol in postmenopausal women.

Materials and Methods: This quasi-experimental study employed a pretest–posttest design with a control group. Forty healthy postmenopausal women who met the inclusion criteria voluntarily participated in the study and were randomly assigned to one of four groups (n = 10 per group): HIFT, green cardamom supplementation, HIFT plus supplementation, and control. The training intervention consisted of progressive high-intensity functional exercises performed five sessions per week for eight weeks. Participants in the supplementation groups consumed green cardamom daily throughout the intervention period. Cardiovascular hemodynamic variables, including heart rate (HR), systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), rate-pressure product (RPP), and mean arterial pressure, were assessed at rest and following the modified Bruce treadmill test. Furthermore, peak oxygen uptake ($\text{VO}_{2\text{peak}}$), oxygen pulse, time to exhaustion (TTE), and forced expiratory volume in one second (FEV_1) were measured before and after the intervention. Data were analyzed using repeated-measures analysis of variance, and effect sizes were calculated for post hoc comparisons at a significance level of $p < 0.05$.

Results: The modified Bruce test induced significant increases in HR, SBP, and RPP across all groups ($p < 0.001$), indicating an expected physiological response to exercise stress. However, no significant between-group differences were observed in these acute hemodynamic responses. Following the eight-week intervention, resting hemodynamic parameters exhibited only minor, non-significant changes ($p > 0.05$). In contrast, significant improvements were observed in functional and cardiopulmonary performance variables, including $\text{VO}_{2\text{peak}}$, oxygen pulse, TTE, and FEV_1 , among the intervention groups. The combined HIFT and supplementation group generally demonstrated the greatest magnitude of improvement. Effect size analyses revealed that most significant changes ranged from moderate to large, highlighting the practical relevance of the observed adaptations. Overall, interventions involving HIFT produced more pronounced benefits than supplementation alone.

Conclusion: Eight weeks of HIFT, either independently or in combination with green cardamom supplementation, significantly enhanced cardiopulmonary performance, exercise tolerance, and physiological efficiency in postmenopausal women. Although resting hemodynamic indices remained largely unchanged, improvements in exercise-related responses and functional capacity suggest meaningful adaptations in cardiovascular and respiratory function. These findings support the implementation of HIFT, particularly when combined with antioxidant supplementation, as an effective, safe, and practical non-pharmacological strategy for promoting cardiopulmonary health and mitigating menopause-associated physiological decline.

Keywords: High-Intensity Functional Training (HIFT), Menopause, Exercise Tolerance, Cardiopulmonary Hemodynamics, Green Cardamom, Cardiovascular Health.

How to cite this article: Abedpour Karizaki, Z., Nasrollahi Boroujeni, N., Dabidi Roshan, V. Effects of 8 Weeks of High-Intensity Functional Training and Green Cardamom Supplementation on Cardiorespiratory Hemodynamic Responses and Exercise Tolerance: A Randomized Controlled Trial in Postmenopausal Women. J Sport Exerc Physiol. 2026;19(3):?-?.

***Corresponding Author's E-mail:** v.dabidi@umz.ac.ir

DOI:

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/>).

Received: 00/00/2025

Revised: 00/00/2025

Accepted: 00/00/2025

نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی

۱۴۰۵، دوره ۱۹، شماره ۳، صفحه‌های ۴-۹

مقاله پژوهشی

اثرات ۸ هفته تمرینات فانکشنال شدید و مکمل هل سبز بر پاسخ‌های همودینامیک قلبی - عروقی و ظرفیت تحمل ورزشی: کارآزمایی تصادفی در زنان یائسه

زهره عابدپور کاریزکی^۱  [0009-0007-2620-094X](https://orcid.org/0009-0007-2620-094X)^۱، نفیسه نصراللهی بروجنی^۱  [0000-0002-2726-4623](https://orcid.org/0000-0002-2726-4623)^۱، ولی‌الله دبیدی روشن^۱  [0000-0002-2202-7349](https://orcid.org/0000-0002-2202-7349)^{۱,۲}*

^۱ گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران
^۲ مرکز پژوهشی عملکرد ورزشی و سلامت، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

چکیده

زمینه و هدف: یائسگی یکی از مراحل طبیعی زندگی زنان است که با تغییرات هورمونی گسترده، به‌ویژه کاهش سطح استروژن، همراه بوده و پیامدهایی نظیر افت عملکرد قلبی-عروقی، کاهش ظرفیت هوازی، اختلال در تنظیم همودینامیک و افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی را به دنبال دارد. از این‌رو، شناسایی مداخلات غیر دارویی مؤثر برای بهبود سلامت قلبی-تنفسی زنان یائسه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تمرینات فانکشنال با شدت بالا (High-Intensity Functional Training; HIFT) به دلیل ماهیت چندمفصلی، درگیرسازی همزمان گروه‌های عضلانی بزرگ و ایجاد سازگاری‌های متابولیکی و قلبی-تنفسی مطلوب، به‌عنوان یک راهبرد تمرینی مؤثر مطرح شده‌اند. همچنین هل سبز به دلیل دارا بودن ترکیبات زیست‌فعال و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالا، ممکن است در کاهش استرس اکسیداتیو و بهبود عملکرد قلبی-عروقی نقش داشته باشد. هدف پژوهش حاضر بررسی اثر هشت هفته تمرین HIFT با و بدون مکمل هل سبز بر شاخص‌های همودینامیک قلبی-عروقی و پاسخ آن‌ها به آزمون بروس در زنان یائسه بود.

مواد و روش‌ها: این پژوهش از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه کنترل بود. تعداد ۴۰ زن یائسه داوطلب پس از احراز معیارهای ورود، به‌صورت تصادفی در چهار گروه تمرین HIFT، مکمل هل سبز، تمرین همراه با مکمل و کنترل (هر گروه ۱۰ نفر) قرار گرفتند. برنامه تمرینی به مدت هشت هفته، پنج جلسه در هفته و با الگوی پیش‌رونده شدت و حجم اجرا شد. گروه‌های مکمل روزانه هل سبز دریافت کردند. شاخص‌های همودینامیک شامل ضربان قلب (HR)، فشار خون سیستولی (SBP)، فشار خون دیاستولی (DBP)، حاصل ضرب مضاعف (RPP) و فشار متوسط شریانی در حالت استراحت و پس از آزمون بروس اصلاح‌شده اندازه‌گیری شدند. همچنین شاخص‌های عملکردی شامل $\dot{V}O_{2peak}$ ، پالس اکسیژن، زمان رسیدن به واماندگی (TTE) و حجم بازدمی اجباری در ثانیه اول (FEV_1) پیش و پس از مداخله ارزیابی شدند. داده‌ها با استفاده از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر و آزمون‌های تعقیبی در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ تحلیل شدند.

نتایج: اجرای آزمون بروس موجب افزایش معنی‌دار HR، SBP و RPP در تمامی گروه‌ها شد ($p < 0.001$)، اما در پاسخ حاد همودینامیک تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها مشاهده نشد. پس از هشت هفته مداخله، شاخص‌های همودینامیک استراحتی تغییرات محدودی نشان دادند و تفاوت‌های مشاهده‌شده از نظر آماری معنی‌دار نبودند ($p > 0.05$). در مقابل، $VO_2\text{peak}$ ، پالس اکسیژن، TTE و FEV_1 در گروه‌های مداخله‌ای بهبود معنی‌داری یافتند. بیشترین میزان بهبود در گروه تمرین همراه با مکمل مشاهده شد. بررسی اندازه اثر نشان داد که بخش عمده تغییرات معنی‌دار دارای اندازه اثر متوسط تا بزرگ بوده و مداخلات مبتنی بر HIFT نسبت به مصرف منفرد مکمل تأثیر بیشتری بر متغیرهای عملکردی داشتند. نتیجه‌گیری: هشت هفته تمرین فانکشنال با شدت بالا، به‌تنهایی و به‌ویژه در ترکیب با مکمل هل سبز، موجب بهبود معنی‌دار شاخص‌های عملکرد قلبی-تنفسی و تحمل فعالیت ورزشی در زنان یائسه شد. اگرچه تغییرات شاخص‌های همودینامیک در حالت استراحت محدود بود، اما بهبود پاسخ‌های عملکردی و افزایش ظرفیت هوازی نشان‌دهنده اثربخشی این مداخلات در ارتقای سلامت قلبی-عروقی و کیفیت عملکرد فیزیولوژیک زنان یائسه است. بر این اساس، استفاده از تمرینات HIFT همراه با مکمل‌گذاری آنتی‌اکسیدانی می‌تواند به‌عنوان راهکاری کاربردی برای کاهش پیامدهای قلبی-عروقی ناشی از یائسگی پیشنهاد شود.

واژه‌های کلیدی: تمرینات فانکشنال شدید، یائسگی، ظرفیت تحمل ورزشی، همودینامیک قلبی-تنفسی

نحوه استناد به این مقاله: نصرالهی بروجنی ن، عابدپور کاریزکی ز، دبیدی روشن و. اثرات ۸ هفته تمرینات فانکشنال شدید و مکمل هل سبز بر پاسخ‌های همودینامیک قلبی - عروقی و ظرفیت تحمل ورزشی: کارآزمایی تصادفی در زنان یائسه. نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی. ۱۴۰۵؛ ۱۹(۳): ۱-۹.

* رایانامه نویسنده مسئول: v.dabidi@umz.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۰/۰۰

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۰/۰۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۰/۰۰

مقدمه

یائسگی به عنوان یکی از مراحل طبیعی سالمندی با کاهش سطح استروژن، افت عملکرد قلبی-عروقی و افزایش خطر بیماری‌های قلبی-عروقی همراه است. با توجه به افزایش امید به زندگی و رشد جمعیت سالمندان در جهان (۱)، این تغییرات به عنوان یکی از چالش‌های مهم سلامت عمومی مطرح شده‌اند. در این راستا، استفاده از راهکارهای غیردارویی از جمله فعالیت بدنی و مکمل‌های گیاهی می‌تواند نقش مؤثری در بهبود کیفیت زندگی و کاهش پیامدهای ناشی از سالمندی ایفا کند (۲، ۳). شاخص‌های همودینامیک و تنفسی نظیر ضربان قلب، فشارخون و شاخص‌های مرتبط با مصرف اکسیژن، از مهم‌ترین نشانگرهای عملکرد سیستم قلبی-عروقی محسوب می‌شوند که می‌توانند تغییرات ناشی از مداخلات تمرینی و تغذیه‌ای را به خوبی منعکس کنند. این متغیرها به دلیل حساسیت بالا به تغییرات فیزیولوژیک، به عنوان ابزارهای معتبر برای ارزیابی سازگاری‌های قلبی-عروقی مورد استفاده قرار می‌گیرند (۴). فعالیت بدنی منظم به عنوان یکی از مؤثرترین مداخلات در پیشگیری و کنترل بیماری‌های قلبی-عروقی شناخته می‌شود. با این حال، محدودیت‌هایی نظیر کمبود زمان، یکنواختی تمرینات و پایبندی پایین، مانع از مشارکت گسترده در برنامه‌های تمرینی سنتی شده است (۵، ۶). در این میان، تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT) به دلیل کارایی زمانی بالا و تأثیرات مثبت بر شاخص‌های متابولیک و قلبی-عروقی مورد توجه قرار گرفته‌اند (۷). با وجود این، ماهیت تکراری این تمرینات و محدودیت در کاربرد آن‌ها در برخی جمعیت‌ها، منجر به توسعه رویکردهای جدیدتری مانند تمرینات فانکشنال با شدت بالا (HIFT) شده است (۷-۱۰).

تمرینات HIFT با ترکیب حرکات چند مفصلی و عملکردی، علاوه بر حفظ ویژگی‌های HIIT، موجب افزایش تنوع و جذابیت تمرین می‌شوند و می‌توانند به بهبود آمادگی قلبی - عروقی و عملکرد عضلانی کمک کنند. مطالعات متعددی اثرات مثبت این نوع تمرین را در جمعیت‌های مختلف گزارش کرده‌اند (۹، ۱۱-۱۵). با این حال، شواهد موجود درباره اثرات HIFT در زنان یائسه محدود است و تنها مطالعه نونس و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی تأثیر این تمرینات بر فشارخون در این گروه پرداخته است (۱۶)؛ بنابراین، بررسی جامع‌تر اثرات این نوع تمرین بر شاخص‌های عملکردی قلبی - تنفسی در این جمعیت ضروری به نظر می‌رسد.

در کنار مداخلات تمرینی، استفاده از مکمل‌های گیاهی نیز به عنوان یک راهبرد کم‌هزینه و ایمن مورد توجه قرار گرفته است. هل سبز به دلیل دارا بودن ترکیبات زیست فعال نظیر فلاونوئیدها و کاروتنوئیدها، دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی بوده و می‌تواند در بهبود سلامت قلبی - عروقی نقش داشته باشد (۱۷، ۱۸). مطالعات اخیر نشان داده‌اند که مصرف مکمل هل می‌تواند بر برخی شاخص‌های متابولیک و قلبی - عروقی تأثیرگذار باشد (۱۷، ۱۹). با این حال، اثرات ترکیبی این مکمل با تمرینات HIFT بر عملکرد قلبی - عروقی هنوز به طور کامل مشخص نشده است.

با توجه به ماهیت چندبُعدی سازگاری‌های قلبی - عروقی، ارزیابی اثر مداخلات صرفاً بر سطوح استراحتی شاخص‌های فیزیولوژیک نمی‌تواند بیانگر تغییرات واقعی عملکردی باشد. در مقابل، بررسی پاسخ این شاخص‌ها به استرس حاد ورزشی می‌تواند شاخص دقیق‌تری از ظرفیت عملکردی سیستم قلبی - عروقی فراهم آورد. در این راستا، استفاده از پروتکل بروس اصلاح‌شده به عنوان یک آزمون استاندارد، امکان ارزیابی پاسخ دینامیک این شاخص‌ها را در شرایط فشار فیزیولوژیک فراهم می‌سازد و درک عمیق‌تری از اثربخشی مداخلات تمرینی و تغذیه‌ای ارائه می‌دهد (۴، ۷). از این رو، در مطالعه حاضر دو بُعد متمایز شامل سطوح استراحتی و پاسخ به استرس ورزشی مورد بررسی قرار گرفت.

بنابراین، هدف این پژوهش بررسی اثر ۸ هفته تمرینات HIFT با و بدون مصرف مکمل هل سبز بر شاخص‌های همودینامیک قلبی - عروقی و ظرفیت تحمل ورزشی در زنان یائسه، با تأکید بر تفکیک پاسخ‌های استراحتی و پاسخ به فعالیت ورزشی بود.

¹ High-Intensity Interval Training

² High-Intensity Functional Training

روش پژوهش

روش اجرای پژوهش:

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی بود که داده‌های آن در تابستان ۱۴۰۳ و در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون، پس از ۸ هفته مداخله‌های غیردارویی، جمع‌آوری شد. اندازه‌گیری‌ها در شرایط استراحتی و بلافاصله پس از پایان آزمون بروس اصلاح‌شده انجام گرفت. تمامی مراحل جمع‌آوری داده‌ها تحت نظارت پژوهشگر و پس از تأیید کمیته اخلاق زیستی ملی با کد اخلاق IR.UMZ.REC.۱۴۰۳.۰۷۰ و بر اساس آخرین نسخه دستورالعمل هلسینکی انجام شد. مطابق با مفاد دستورالعمل هلسینکی، استفاده از تجهیزات سالم و ایمن برای ارزیابی شرکت‌کنندگان موردتوجه قرار گرفت. علاوه بر این، به آزمودنی‌ها اختیار داده شد که در طول فرایند پژوهش، در صورت عدم رعایت حقوق آنان، احساس ناخوشایند از شرایط جمع‌آوری داده‌ها یا عدم تمایل به ادامه پروتکل مطالعه، از پژوهش انصراف دهند. کلیه مراحل پژوهش در آزمایشگاه پایش سلامت و تندرستی دانشکده علوم ورزشی دانشگاه مازندران انجام شد.

نمونه‌های پژوهش:

جامعه آماری پژوهش حاضر را زنان (۵ تا ۷۰ ساله) یائسه با شاخص توده بدنی (BMI) بالای ۲۵ کیلوگرم بر مترمربع تشکیل می‌دادند که طی مراحل مختلف و بر اساس معیارهای خاص، مجموعاً ۴۰ نفر یائسه انتخاب شدند. برای انتخاب افراد از معیارهایی استفاده شد که برخی از این معیارها عبارت‌اند از: شاخص توده بدنی بالای ۲۵ کیلوگرم بر مترمربع، فاقد سابقه بیماری‌های التهابی مزمن از قبیل مشکلات قلبی عروقی و تنفسی، عدم اختلالات مزمن عصبی، نداشتن مشکلات مفصلی جدی که موجب ناتوانی در اجرای تمرینات HIFT شود، فقدان جراحات، عدم کم‌کاری تیروئید بر اساس نتایج آزمایش‌های بالینی، عدم مصرف الکل و یا تمرینات منظم و سیستماتیک در طی حداقل ۳ ماه قبل از شروع مطالعه استفاده کنند. در مقابل، زنانی که در دوره مطالعه با مشکلات مفصلی مواجه شوند و یا افرادی که بر اساس فرمول "تعداد جلسات تمرینی موردانتظار، تقسیم بر کل جلسات تمرینی، ضربدر ۱۰۰"، در کمتر از ۷۵ درصد برنامه‌های تمرینی شرکت نمایند، از برنامه مداخله‌ای و آنالیز حذف شدند. این افراد به طور تصادفی در چهار گروه: شامل (۱) گروه تمرین ۲، (HIFT)، گروه مکمل هل، (۲) گروه HIFT+مکمل هل و (۴) گروه کنترل تقسیم شدند و ۵ روز در هفته به مدت ۸ هفته تحت مداخله‌های فوق قرار گرفتند. جدول ۱ مشخصات آزمودنی‌های تحقیق حاضر را نشان می‌دهد.

¹ Body Mass Index

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد مشخصات آنتروپومتریک زنان یائسه در ابتدای دوره تحقیق

گروه‌ها	سن (سال)	وزن (کیلوگرم)	قد (سانتی‌متر)	BMI (کیلوگرم/مترمربع)	WHR	VO ₂ peak (ml/kg/min)
تمرین فانکشنال	۶۲/۵ ± ۷/۴	۷۴ ± ۱۴/۳	۱۵۷ ± ۶/۷	۳۰/۵ ± ۵/۱	۰/۸ ± ۰/۰۵	۲۰ ± ۶/۵
تمرین فانکشنال + هل	۷۰/۲ ± ۵/۵	۷۵/۶ ± ۱۱	۱۵۱/۲ ± ۸/۳	۳۳/۱ ± ۴/۷	۰/۸ ± ۰/۰۴	۱۵/۷ ± ۲/۵
مکمل هل	۶۰/۶ ± ۵/۴	۸۳ ± ۱۵/۷	۱۵۷/۳ ± ۶/۶	۳۳/۴ ± ۵/۸	۰/۸ ± ۰/۰۴	۱۸/۶ ± ۴/۵
کنترل	۶۵/۱ ± ۸/۴	۷۳/۷ ± ۱۱/۵	۱۵۱/۲ ± ۶/۴	۳۲ ± ۴/۲	۰/۹ ± ۰/۰۵	۱۷/۱ ± ۳/۳

*شاخص توده بدن (BMI)، نسبت کمر به لگن (WHR)، اکسیژن مصرفی اوج (VO₂peak)

اجرای پروتکل بروس اصلاح شده و ارزیابی پاسخ همودینامیک و ظرفیت تحمل قلبی تنفسی

برای ارزیابی شاخص‌های قلبی عروقی منتخب، نحوه اجرا و جمع‌آوری داده‌ها در ابتدای پژوهش و طی یک مطالعه اولیه (pilot study)، روی چند نفر تشریح شد. آنگاه از افراد دعوت شد در زمان مشخصی به مرکز پژوهشی پایش سلامت و عملکرد ورزشی، در محیطی با دمای ۲۴ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۰ تا ۶۰ درصد حضور یابند. تمام آزمودنی‌ها با لباس و کفش ورزشی روی نوار گردان قرار گرفته و قبل از انجام آزمایش، فعالیت بدنی انجام نداده باشند. برای آشنایی آزمودنی با نحوه راه رفتن و دویدن روی نوار گردان و گرم‌شدن، ابتدا هر یک از آزمودنی‌ها به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۱ مایل در ساعت روی نوار گردان بدون شیب تمرین کردند. آزمودنی‌ها پس از گرم‌کردن بدن به مدت ۵ دقیقه، فعالیت خود را بر اساس دستورالعمل آزمون بروس اصلاح شده با سرعت و شیب استاندارد تا زمان واماندگی و یا قطع فعالیت زیر نظر محقق ادامه دادند. به طور خلاصه، آزمودنی‌ها فعالیت راه رفتن و دویدن روی نوار گردان را ابتدا در مراحل یک تا سه پروتکل با سرعت ۱/۷ مایل در ساعت و شیب به ترتیب صفر، پنج و ۱۰ درصد اجرا کردند. سپس، در مراحل چهار تا شش پروتکل، به ترتیب با سرعت ۲/۵، ۳/۴ و ۴/۲ مایل در ساعت و شیب به ترتیب ۱۲، ۱۴ و ۱۶ درصد تا مرز ختم آزمون و واماندگی اختیاری دویدند. در تمام زمان اجرای پروتکل بروس اصلاح شده، ضربان قلب، فشار سیستولیک و دیاستولیک، درد قفسه سینه در هر آزمودنی با دستگاه فشارسنج دیجیتال بازویی مدل LD-۵۸۸ ساخت شرکت Scian و دستگاه (System Test Stress Cardiac ECG) مدل AST-۳۰۰۰ شرکت اوس سینا) کنترل شد. لازم به ذکر است که پروتکل بروس اصلاح شده تحقیق حاضر با دستگاه (System Test Stress Cardiac ECG) مدل AST-۳۰۰۰ شرکت اوس سینا) باقابلیت نمایش و چاپ ۱۲ کانال ECG انجام شد.

در مطالعه حاضر از چندین شاخص از قبیل دستیابی به ۹۰ درصد حداکثر ضربان قلب پیشگویی شده یا به عبارتی دستیابی فرد به حداکثر ضربان قلب در دامنه ۱۲ ± از ضربان پیشگویی شده با فرمول ۲۲۰ - منهای سن، آنژین صدری متوسط تا جدی، نشانه‌های پرفوزیون ضعیف، افزایش فشارخون سیستول بیش از ۱۰ میلی‌متر جیوه از سطح پایه، افزایش نشانه‌های دستگاه عصبی (از قبیل آتاکسی و سرگیجه)، تمایل فرد به ختم آزمون برای ختم پروتکل استفاده شد (۲۰). سپس مقادیر بار وارده به قلب (RPP) با ضرب فشارخون سیستول در ضربان قلب در هریک از ۴ مقطع زمانی (شرایط پایه و بلافاصله بعد از رسیدن به واماندگی متعاقب پروتکل بروس اصلاح شده در قبل و بعد از ۸ هفته مداخله‌های HIFT و مکمل هل سبز) به دست آمد. به علاوه، اکسیژن مصرفی اوج (VO₂peak) برحسب میلی‌لیتر کیلوگرم در دقیقه نیز متعاقب اجرای پروتکل بروس اصلاح شده روی نوار گردان در دو مرحله قبل و بعد از دوره ۸ هفته مداخله‌ها و با استفاده از فرمول رایج از جمله معادله متابولیکی کالج آمریکایی طب ورزشی به شرح ذیل ثبت شد (۲۱).

VO₂peak بر اساس داده‌های حاصل از پروتکل بروس اصلاح شده و با استفاده از متغیرهای شامل سرعت نوار گردان، شیب (grade)، و مدت زمان تحمل فعالیت تا رسیدن به واماندگی محاسبه گردید. این متغیرها به عنوان شاخص‌های عملکردی مستقیم از آزمون استخراج شده و در فرمول استاندارد برآورد VO₂peak جای‌گذاری شدند.

به همین ترتیب، مقادیر نبض یا پالس اکسیژن (O₂ pulse) بر حسب میلی‌لیتر/کیلوگرم بر ضربان قلب نیز با استفاده از مقادیر اکسیژن مصرفی اوج و بر اساس فرمول واسرمن و (۲۰، ۲۱) و بر اساس فرمول نسبت اکسیژن مصرفی به ضربان قلب ورزشی در هریک از این مقاطع محاسبه و ثبت شد. همچنین، مدت زمان رسیدن به واماندگی (TTE)، مسافت طی شده روی نوار گردان و حداکثر ضربان قلب در زمان رسیدن به واماندگی نیز به عنوان شاخص‌هایی از عملکرد بدنی ثبت شدند. در این مطالعه، به منظور تفکیک اثرات مداخلات، متغیرهای همودینامیک نه تنها در حالت استراحتی، بلکه در پاسخ به استرس حاد ورزشی (پروتکل بروس اصلاح شده) اندازه‌گیری شدند تا علاوه بر بررسی سطوح پایه، تغییرات عملکردی سیستم قلبی-عروقی در شرایط فشار فیزیولوژیک نیز ارزیابی گردد.

روش‌های آزمایشگاهی:

سنجش شاخص‌های عملکرد تنفسی (اسپیرومتری)

شاخص‌های عملکرد ریوی با استفاده از دستگاه اسپیرولاب ۴ کاناله (Spirolab III Colour Research Medical International) در چهار وهله شامل (شرایط پایه و بلافاصله بعد از پروتکل بروس اصلاح شده در قبل و متعاقب ۸ هفته مداخله‌های غیردارویی تمرینات HIFT با و بدون مکمل هل سبز) ارزیابی شد. برای این منظور، زنان روی یک صندلی نشسته و پس از اتصال گیره بینی، قطعه دهانی دستگاه را داخل دهان قرار داده و پس از یک دم عمیق و بلافاصله با یک بازدم حداکثر، هوا را از طریق سنسور دهانی خارج نمودند. این آزمایش سه بار تکرار و بهترین نتیجه تأیید شده توسط دستگاه برای شاخص‌های حجم بازدمی با فشار در یک ثانیه (FEV₁) و ظرفیت حیاتی با فشار (FVC) به منظور تجزیه و تحلیل آماری ثبت شد.

اجرای پروتکل تمرینات عملکردی با شدت بالا (HIFT)

برنامه‌های تمرین عملکردی در مطالعه حاضر بر اساس مطالعات قبلی (۱۰، ۱۴، ۲۲) اندکی تغییرات طراحی و هفته‌ای ۵ جلسه و با رعایت اصل اضافه‌بار به مدت ۸ هفته اجرا شد. جزئیات پروتکل برای همه شرکت‌کنندگان در هفته اول (۲ جلسه اول با نحوه اجرای صحیح حرکات ورزشی و در جلسات سوم تا پنجم نیز با شدت‌های تمرینی آشنا شدند) تشریح شد. به طور خلاصه، پروتکل تمرینی اصلی شامل ۴ نوبت ۸ دقیقه‌ای بود که در فازهای تمرینی مختلف متغیر بودند. جهت رعایت اصل اضافه‌بار نیز در هر فاز تمرینی نسبت استراحت به فعالیت تغییر کرد. نسبت استراحت به فعالیت نوبت‌ها در دو هفته اول ۱ به ۲، در دو هفته دوم ۱ به ۲٫۵ و در چهار هفته پایانی نیز به صورت ۱ به ۳ اعمال شد. هر نوبت از تمرینات شامل ۴ نوع حرکات دینامیک (هوازی)، قدرتی بالاتنه، قدرتی پایین‌تنه، قدرتی میان تنه می‌باشد. علاوه بر این، انتخاب حرکات به گونه‌ای بود که در هر جلسه تمرینی تقریباً عضلات کل بدن بکار گرفته شد. در این راستا، در طول ۴ هفته اولیه پروتکل، تمرین‌ها ساده شامل ۸ تمرین ایر اسکوات، زانو بلند، شنای سوئدی روی زانو، حرکت کوهنورد، پلانک استاندارد، ضربه به باسن، اسپلیت و اسکیت بود. پس از بهبود تناسب اندام آزمودنی‌ها نسبت به ابتدا و به منظور تقویت همان گروه‌های عضلانی، تمرینات پیچیده‌تری برای ۴ هفته دوم انتخاب شدند که عبارت‌اند از: پرش اسکوات، جک اسکی پرش، شنای سوئدی، حرکت کوهنورد، سوپرپلانک، جک پرش، لانژ، پرش اسکیت. بعلاوه، ۱۰ تا ۱۵ دقیقه گرم و سرد کردن بدن نیز اعمال شد. لازم به ذکر است که شاخص شدت تمرین در این مطالعه از مقیاس ادراک فشار بزرگ نسخه CR۱۰ (۰ تا ۱۰)

¹ Time-to-exhaustion

‡Forced Expiratory Volume in 1 Second

‡Forced Vital Capacity

برای ارزیابی شدت فعالیت استفاده شد که شدت تمرین بر اساس فرمول کارونن و با استفاده از درصدی از ضربان قلب ذخیره (HRR) محاسبه شد (۲۳) در محدوده ۶۰-۷۰٪ HRmax (معادل ۱۲۰-۱۳۰ bpm یا از ۵ تا ۷ در مقیاس بورگ اصلاح شده) در طی ۴ هفته اول و ۸۰-۹۰٪ HRmax (معادل ۱۵۰-۱۷۰ ضربه در دقیقه و یا از ۷ تا ۹ در مقیاس بورگ اصلاح شده، برای چهار هفته دوم تعیین شد. در طول این دوره، افراد در حضور مربی ورزشی و زیر نظر محقق تمرین کردند و تا حد امکان تمام افراد در روزهای مشابه به تمرین پرداختند. در صورت غیبت، جلسه‌ی جایگزین در نزدیک‌ترین زمان ممکن لحاظ شد.

$$HR_{target} = [(HR_{max} - HR_{rest}) \times \%Intensity] + HR_{rest}$$

باتوجه به ماهیت عملکردی و چند مفصلی تمرینات HIFT، کنترل شدت تمرین از طریق پایش پیوسته ضربان قلب با استفاده از دستگاه ضربان‌سنج و همچنین مقیاس ادراک فشار بورگ (CR۱۰) انجام شد. ساختار تمرین به صورت تناوبی طراحی گردید و مدت‌زمان اجرای هر حرکت، تعداد تکرارها و فواصل استراحت به گونه‌ای تنظیم شد که ضربان قلب آزمودنی‌ها در محدوده هدف مبتنی بر HRR حفظ شود.

در حرکاتی مانند لانج، اسکات پرشی و پلانک، شدت تمرین با تنظیم سرعت اجرا، دامنه حرکتی، مدت‌زمان نگهداری وضعیت (در حرکات ایستا مانند پلانک) و کاهش یا افزایش زمان استراحت بین حرکات کنترل گردید.

مکمل دهی هل سبز

طبق مطالعات انجام شده در این زمینه مصرف ۳ گرم در روز مکمل هل سبز برای سلامت قلب و عروق توصیه شده است (۲۴). نحوه مکمل دهی در این پژوهش به صورت استفاده از کپسول‌های پر شده با هل سبز آسیاب شده است. هر کپسول حاوی ۱۰۰۰ میلی گرم پودر هل سبز است. این گروه به مدت ۸ هفته و ۷ روز در هفته مکمل هل سبز را با دوز ۳ گرم در روز در صبح / عصر / شب مصرف می‌کنند.

تحلیل آماری:

به منظور بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها، از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد و با توجه به نرمال بودن داده‌ها، تحلیل‌های آماری با استفاده از روش‌های پارامتریک انجام گرفت. برای بررسی تغییرات متغیرهای مورد مطالعه در پاسخ به اجرای حاد پروتکل بروس اصلاح شده، از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر استفاده شد؛ به گونه‌ای که «مرحله اندازه‌گیری» (قبل و بعد از اجرای آزمون بروس) به عنوان عامل درون گروهی و «گروه» به عنوان عامل بین گروهی در نظر گرفته شد. همچنین، به منظور ارزیابی اثر مداخلات ۸ هفته‌ای شامل تمرینات HIFT، مکمل هل سبز و مداخله ترکیبی، تغییرات متغیرها در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون با استفاده از تحلیل واریانس دوطرفه با اندازه‌گیری‌های مکرر (time × group) مورد بررسی قرار گرفت. در صورت مشاهده اثرات معنادار، از آزمون تعقیبی بونفرونی برای تعیین محل تفاوت‌ها استفاده شد. اندازه اثر مقایسه‌های تعقیبی به صورت Cohen's d محاسبه و به شکل قدر مطلق گزارش شد؛ بنابراین جهت تغییرات بر اساس افزایش یا کاهش میانگین‌ها در متن و شکل‌ها تفسیر گردید. تمامی تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۹ انجام گرفت و سطح معنی‌داری $p < 0.05$ در نظر گرفته شد. همچنین، ترسیم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار GraphPad Prism نسخه ۱۰ انجام شد.

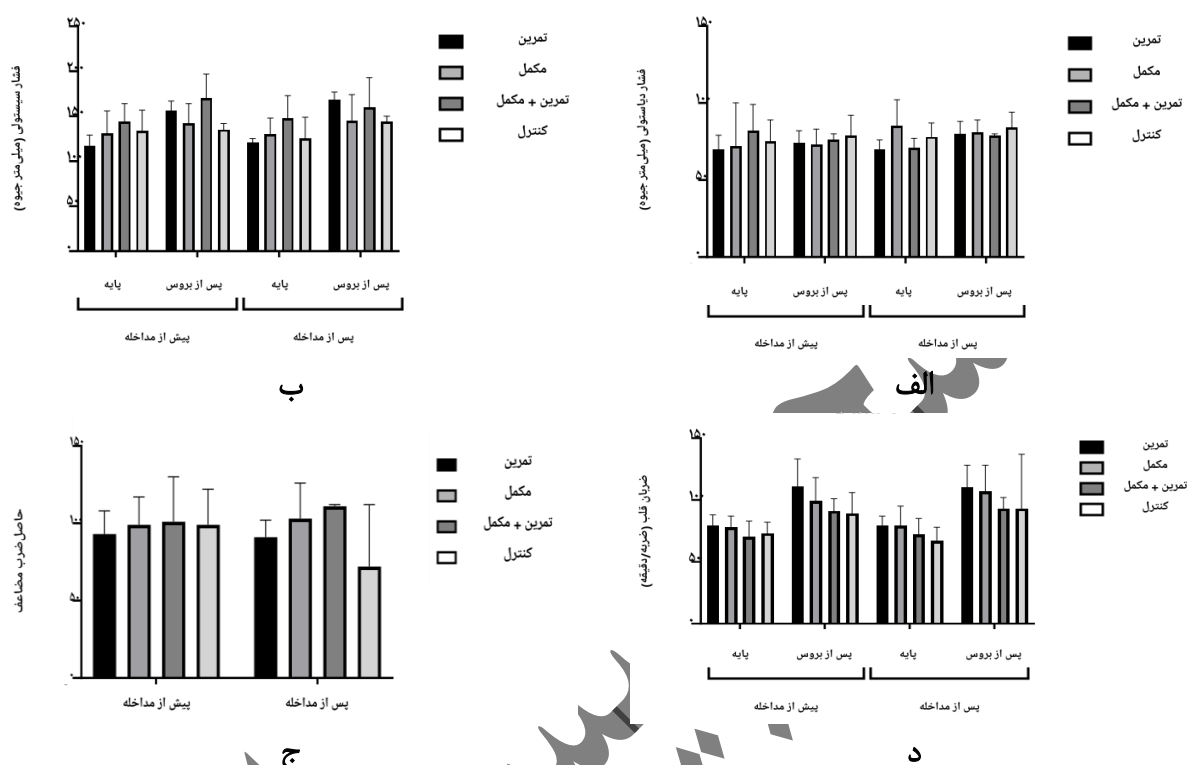
نتایج

اطلاعات توصیفی و نتایج مربوط به شاخص‌های همودینامیک قلبی-تنفسی و ظرفیت تحمل ورزشی آزمودنی‌ها در پاسخ به آزمون بروس اصلاح شده، پیش و پس از ۸ هفته مداخله، در شکل‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. بررسی مقادیر پایه نشان داد که بین چهار گروه مطالعه از نظر ویژگی‌های آنتروپومتریکی و شاخص‌های قلبی-تنفسی تفاوت معناداری وجود نداشت ($p > 0.05$). نتایج تحلیل

¹ Heart Rate Reserve

واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان داد که در برخی متغیرها اثر زمان، اثر گروه و همچنین اثر متقابل $\text{time} \times \text{group}$ معنادار بوده است.

نسخه پیش انتشار



شکل ۱. تغییرات شاخص‌های همودینامیک قلبی عروقی زنان یائسه متعاقب اجرای پروتکل بروس اصلاح‌شده در قبل و پس از ۸ هفته مداخله‌های تمرینی HIFT با و بدون مکمل هل سبز. میزان بار کار وارده به قلب (RPP)، ضربان قلب (HR)، فشارخون سیستول (SBP)، فشارخون دیاستول (DBP)

الف) پاسخ‌های همودینامیک در حالت استراحت

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، بررسی متغیرهای همودینامیک در شرایط استراحتی نشان داد که پس از ۸ هفته مداخله، تغییر معناداری در ضربان قلب استراحتی (HRrest) در هیچ‌یک از گروه‌ها مشاهده نشد ($p > 0.05$). همچنین اگرچه فشارخون سیستولیک (SBP) و فشارخون دیاستولیک (DBP) در گروه‌های مداخله‌ای روند کاهشی نشان دادند، این تغییرات از نظر آماری معنادار نبودند ($p > 0.05$).

با وجود عدم دستیابی به سطح معنی‌داری آماری، میزان کاهش فشارخون در گروه تمرین HIFT و به‌ویژه در گروه مداخله ترکیبی (تمرین + مکمل هل سبز) نسبت به گروه کنترل بیشتر بود. به‌طور کلی، مقایسه‌های بین‌گروهی نیز تفاوت معناداری را در شاخص‌های همودینامیک استراحتی پس از مداخله نشان نداد ($p > 0.05$)، هرچند الگوی تغییرات به نفع گروه مداخله ترکیبی مشاهده شد.

ب) پاسخ به استرس حاد ورزشی (پروتکل بروس)

همان‌گونه که در شکل ۱ مشخص است، اجرای پروتکل بروس اصلاح‌شده در مراحل پیش و پس از مداخله موجب افزایش معنادار SBP، HR و RPP در تمامی گروه‌ها شد ($p < 0.05$)، درحالی‌که تغییرات DBP محدودتر بود. این الگو بیانگر پاسخ طبیعی سیستم قلبی-عروقی به استرس حاد ورزشی است.

¹ Heart Rate Rest

² Systolic blood pressure

³ Diastolic Blood Pressure

⁴ Rate pressure product

همچنین، میزان بار کاری قلب (RPP) به عنوان شاخصی از مصرف اکسیژن میوکارد ($\dot{MVO}_2$) در تمامی گروه‌ها در پاسخ به فعالیت افزایش یافت؛ با این حال، پس از ۸ هفته مداخله، تفاوت بین گروهی معناداری در پاسخ RPP مشاهده نشد ($p > 0.05$). در شاخص‌های عملکردی، الگوی تغییرات پس از مداخله نشان‌دهنده بهبود ظرفیت تحمل ورزشی در گروه‌های مداخله‌ای بود؛ با این حال، تفسیر نهایی بر اساس مقادیر p اصلاح شده و اندازه اثر هر مقایسه انجام شد.

در بررسی شاخص‌های ظرفیت قلبی - عروقی، مقادیر VO_{2peak} پس از ۸ هفته مداخله در گروه تمرین ($d = 1/99$ ، $p < 0.001$)، مکمل ($d = 1/86$ ، $p < 0.001$) و مداخله ترکیبی ($d = 1/08$ ، $p = 0.003$) افزایش معناداری نشان داد. این مقادیر بیانگر اندازه اثر بزرگ تغییرات درون گروهی بودند و الگوی بهبود در گروه‌های مداخله‌ای نسبت به کنترل مطلوب‌تر مشاهده شد.

همچنین، TTE در گروه تمرین ($d = 2/10$ ، $p < 0.001$) و مکمل ($d = 1/55$ ، $p < 0.001$) افزایش معنادار داشت. در گروه ترکیبی نیز روند افزایشی مشاهده شد، اما این تغییر به سطح معنی‌داری آماری نرسید ($d = 0/42$ ، $p = 0.172$). بیشترین اندازه اثر برای TTE در گروه تمرین مشاهده شد.

پالس اکسیژن (O_2 Pulse) نیز در هر سه گروه مداخله افزایش معناداری داشت؛ به ترتیب در گروه تمرین ($d = 1/11$ ، $p < 0.001$)، مکمل ($d = 2/43$ ، $p < 0.001$) و مداخله ترکیبی ($d = 1/38$ ، $p < 0.001$). این افزایش‌ها در مقایسه با گروه کنترل نیز معنادار بودند ($p < 0.05$).

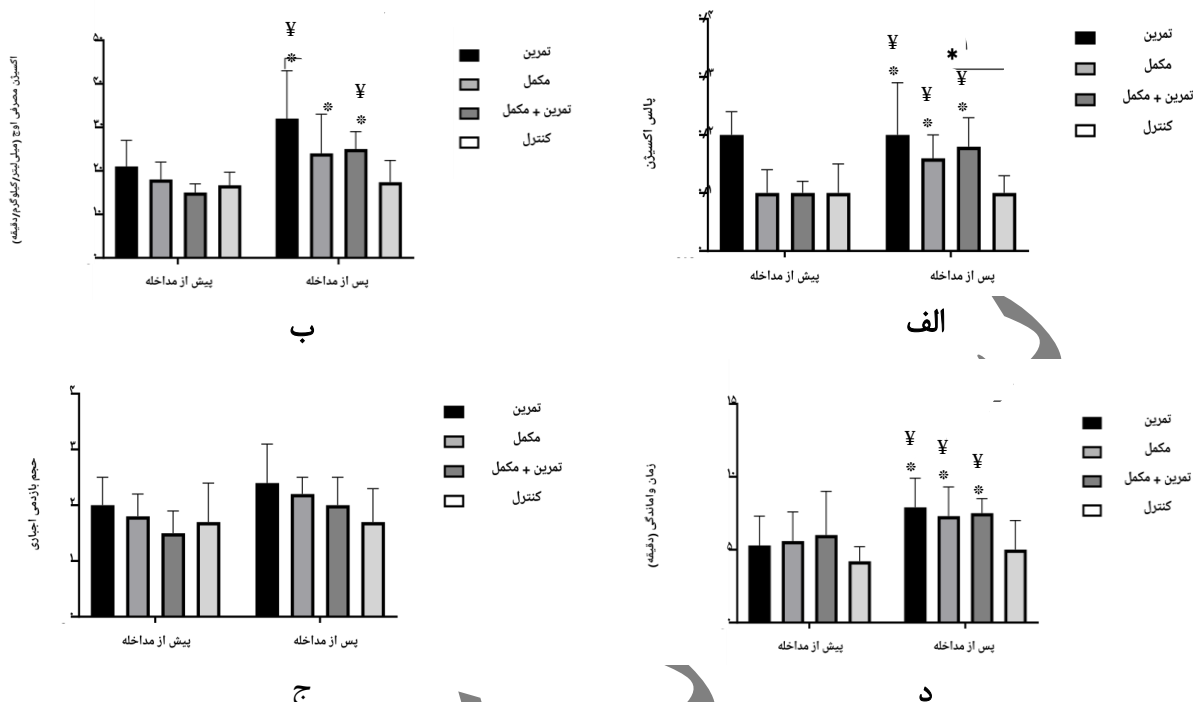
در شاخص‌های اسپرومتری، حجم بازدمی اجباری در ثانیه اول (FEV_1) پس از مداخله در هر سه گروه تمرین ($d = 0/19$ ، $p = 0.068$)، مکمل ($d = 0/73$ ، $p = 0.046$) و ترکیبی ($d = 0/96$ ، $p = 0.007$) بهبود معناداری نشان داد. در مقابل، ظرفیت حیاتی اجباری (FVC) در هیچ‌یک از گروه‌ها تغییر معناداری نداشت ($p > 0.05$).

علاوه بر این، نتایج تحلیل‌های بین گروهی و آزمون‌های تعقیبی نشان داد که بهبود شاخص‌های عملکردی در گروه‌های مداخله‌ای، به‌ویژه در شاخص‌های VO_{2peak} ، O_2 Pulse و FEV_1 ، نسبت به کنترل مطلوب‌تر بود ($p < 0.05$). در مقابل، شاخص‌های همودینامیک استراحتی و پاسخ RPP پس از مداخله تفاوت بین گروهی معناداری نشان ندادند ($p > 0.05$). بنابراین، اثر مداخلات بیشتر در شاخص‌های ظرفیت عملکردی و تنفسی آشکار شد تا در متغیرهای همودینامیک استراحتی.

¹ Myocardial oxygen consumption

² Forced expiratory volume

³ Forced vital capacity



شکل ۲. تغییرات شاخص‌های ظرفیت تحمل قلبی تنفسی زنان یائسه متعاقب اجرای پروتکل بروس اصلاح‌شده در قبل و پس از ۸ هفته مداخله‌های تمرینی HIFT با و بدون مکمل هل سبز. اکسیژن مصرفی اوج (VO₂peak)، زمان رسیدن به واماندگی (TTE)، پالس اکسیژن (O₂ Pulse)، حجم بازدمی اجباری در یک ثانیه (FEV₁). * نشانه تفاوت معناداری در مقایسه وضعیت مشابه قبل از ۸ هفته مداخله، † نشانه تفاوت معناداری نسبت به گروه کنترل. اندازه اثر مقایسه‌های پیش‌آزمون-پس‌آزمون در متن نتایج با Cohen's d گزارش شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

مهم‌ترین ویژگی مطالعه حاضر آن بود که برای نخستین‌بار به بررسی هم‌زمان اثرات حاد و مزمن تمرینات HIFT، مکمل هل سبز و مداخله ترکیبی آن‌ها به مدت ۸ هفته در زنان یائسه پرداخته است.

یافته‌های کلیدی مطالعه حاضر نشان داد که اجرای ۸ هفته مداخله تمرینی HIFT و مصرف مکمل هل سبز، به‌تنهایی یا در ترکیب با یکدیگر، با بهبود شاخص‌های ظرفیت تحمل ورزشی شامل اکسیژن مصرفی اوج (VO₂peak)، پالس اکسیژن (O₂ Pulse) و TTE در زنان یائسه همراه بود؛ با این توضیح که شدت و معنی‌داری تغییرات در همه شاخص‌ها یکسان نبود. بیشترین اندازه اثر برای VO₂peak و TTE در گروه تمرین، برای O₂ Pulse در گروه مکمل و برای FEV₁ در گروه ترکیبی مشاهده شد. از سوی دیگر، اگرچه در شاخص‌های همودینامیک استراحتی شامل SBP و DBP کاهش غیرمعناداری در گروه‌های مداخله مشاهده شد، اما این تغییرات در مقایسه با گروه کنترل قابل‌توجه‌تر بود و بیانگر روند سازگاری مثبت قلبی-عروقی می‌باشد.

در مقابل، اجرای پروتکل بروس اصلاح‌شده در هر دو مرحله پیش و پس از مداخله موجب افزایش معنادار شاخص‌های همودینامیک در تمامی گروه‌ها شد. این پاسخ فیزیولوژیک، بیانگر افزایش طبیعی نیاز قلبی-عروقی به اکسیژن در شرایط استرس حاد ورزشی است و نشان می‌دهد که مداخلات اعمال‌شده بیشتر بر بهبود ظرفیت عملکردی (functional capacity) اثرگذار بوده‌اند تا تغییر در پاسخ‌های حاد همودینامیک. عدم کاهش بارز در RPP در پاسخ به آزمون بروس نیز مؤید این نکته است که سازگاری‌های ایجادشده بیشتر در سطح کارایی مصرف و انتقال اکسیژن رخ داده‌اند تا کاهش بار قلبی در شرایط بیشینه.

از منظر فیزیولوژیک، تمرینات HIFT به دلیل ماهیت چندمفصلی، تناوبی و درگیری همزمان سیستم‌های انرژی هوازی و بی‌هوازی، موجب تحریک سازگاری‌های گسترده‌تری نسبت به HIIT سنتی می‌شوند. برخلاف HIIT که عمدتاً مبتنی بر فعالیت‌های تکراری هوازی است، HIFT شامل حرکات عملکردی چندمفصلی بوده و موجب بهبود همزمان قدرت عضلانی، هماهنگی عصبی-عضلانی و ظرفیت هوازی می‌گردد. این سازگاری‌ها با افزایش تراکم میتوکندری، بهبود فعالیت آنزیم‌های اکسیداتیو، افزایش مویرگ‌های عضلانی و ارتقای کارایی انتقال اکسیژن همراه هستند که در مطالعات پیشین نیز به‌عنوان مکانیسم‌های اصلی بهبود VO_{2peak} گزارش شده‌اند (۷، ۱۵، ۲۵-۲۹).

علاوه بر این، شواهد نشان می‌دهد که تمرینات HIIT و HIFT می‌توانند در دوره‌های نسبتاً کوتاه نیز موجب بهبود معنادار ظرفیت هوازی شوند، اما HIFT به دلیل درگیری عضلات مرکزی و محیطی به‌صورت همزمان، احتمالاً اثرات گسترده‌تری بر کارایی عملکردی دارد (۳۰، ۳۱). همچنین، شاخص TTE به‌عنوان یک متغیر حساس عملکردی، بیشتر از شاخص‌های استراحتی تحت‌تأثیر سازگاری‌های عصبی-عضلانی و ظرفیت تحمل خستگی قرار دارد و در مطالعه حاضر به‌ویژه در گروه تمرین بهبود قابل‌توجهی نشان داد (۳۲-۳۳).

در بخش مکمل، نتایج نشان داد که مصرف هل سبز به‌تنهایی اثر محدودتری بر شاخص‌های همودینامیک داشت، اما با بهبود برخی شاخص‌های عملکردی مانند پالس اکسیژن همراه بود و در ترکیب با تمرین HIFT می‌تواند بخشی از پاسخ‌های عملکردی را تقویت کند. این اثر می‌تواند ناشی از ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی ترکیبات زیست‌فعال هل باشد که از طریق کاهش استرس اکسیداتیو، بهبود عملکرد اندوتلیال و افزایش دسترسی زیستی نیتریک اکسید، شرایط بهتری برای سازگاری‌های تمرینی فراهم می‌سازد (۱۷، ۳۴-۳۶). همچنین گزارش شده است که ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی موجود در هل می‌توانند مسیرهای متابولیکی مرتبط با اکسیداسیون چربی و هزینه انرژی را فعال کنند و در نتیجه کارایی میتوکندریایی و تحمل خستگی را بهبود دهند (۱۸). بااین‌حال، در مطالعه حاضر شاخص‌های بیوشیمیایی مرتبط با استرس اکسیداتیو و التهاب اندازه‌گیری نشدند؛ ازاین‌رو، تفسیر دقیق مکانیسم‌های زیربنایی اثرات مکمل هل سبز با محدودیت همراه است. پیشنهاد می‌شود مطالعات آتی با اندازه‌گیری مستقیم نشانگرهایی نظیر مالون‌دی‌آلدئید (MDA)، سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و سایتوکاین‌های التهابی، به بررسی دقیق‌تر این مسیرها بپردازند.

بااین‌وجود، پژوهش حاضر چند محدودیت دارد که باید در تفسیر نتایج موردتوجه قرار گیرد. نخست آنکه مدت مداخله (۸ هفته) نسبتاً کوتاه است و ممکن است برای ایجاد تغییرات پایدار در شاخص‌های قلبی‌تنفسی استراحتی کافی نباشد. دوم، اگرچه با رعایت معیارهای دقیق ورود و خروج آزمودنی‌ها تلاش شد افراد با ویژگی‌های هم‌خوان‌تری انتخاب شوند، اما در مجموع حجم نمونه برای مطالعات انسانی، به‌ویژه در زنان یائسه، تا حدی محدود بوده و این مسئله توان آماری لازم برای شناسایی تغییرات کوچک تا متوسط در فشارخون، VO_2 و عوامل اسپیرومتری را کاهش می‌دهد. سوم، به دلیل ملاحظات اخلاقی و عملی، برخی متغیرهای مخدوش‌کننده مانند مصرف داروهای کاهنده فشارخون، استفاده احتمالی از سایر آنتی‌اکسیدان‌ها، سطح فعالیت بدنی خارج از برنامه تمرین یا الگوی تغذیه‌ای شرکت‌کنندگان به‌طور کامل کنترل نشده‌اند و ممکن است بر نتایج اثر گذاشته باشند. چهارم، بیومارکرهای سلولی و مولکولی مانند سطوح نیتریک اکسید، مارکرهای اندوتلیال، ظرفیت اکسایشی یا نشانگرهای بیوشیمیایی التهابی ارزیابی نشدند و بنابراین امکان بررسی مستقیم سازوکارهای اثر تمرین HIFT و مکمل هل سبز فراهم نبود. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده دوره‌های مداخله‌ای طولانی‌تر (۱۲ تا ۲۴ هفته)، حجم نمونه بیشتر و کنترل دقیق‌تر مداخلات هم‌زمان مورد توجه قرار گیرد.

در مجموع، یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که مداخله تمرین HIFT و مصرف مکمل هل سبز، به‌ویژه در شاخص‌های عملکردی، آثار مثبتی ایجاد کردند؛ اگرچه الگوی پاسخ‌ها در متغیرهای مختلف یکسان نبود. ترکیب این دو مداخله در برخی شاخص‌ها مانند FEV_1 و الگوی کلی پاسخ‌های عملکردی نتایج مطلوبی نشان داد، در حالی که در برخی متغیرها بیشترین اندازه اثر در مداخله منفرد مشاهده شد. بنابراین، استفاده هم‌زمان از تمرینات عملکردی با شدت بالا و مکمل‌های گیاهی آنتی‌اکسیدانی می‌تواند به‌عنوان یک رویکرد غیردارویی مکمل برای بهبود سلامت قلبی-تنفسی و افزایش تحمل فعالیت بدنی در زنان یائسه مورد توجه قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بدین وسیله از تمامی شرکت کنندگان در این پژوهش به دلیل همکاری صمیمانه و همچنین از مسئولان آزمایشگاه پایش سلامت و تندرستی دانشکده علوم ورزشی دانشگاه مازندران به خاطر فراهم نمودن شرایط اجرای آزمون‌ها قدردانی می‌نمایند.

حمایت مالی

این پژوهش هیچ گونه حمایت مالی از سوی نهادهای دولتی، خصوصی یا تجاری دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

ایده پردازی و طراحی پژوهش توسط ولی الله دبیدی روشن و نفیسه نصراللهی بروجنی انجام شده است. زهرا عابدپور کاریزکی جمع آوری و نفیسه نصراللهی بروجنی و ولی الله دبیدی روشن تحلیل داده‌ها را به عهده داشته‌اند. نگارش پیش نویس اولیه توسط نفیسه نصراللهی بروجنی و بازنگری و ویرایش نهایی مقاله توسط ولی الله دبیدی روشن انجام گرفته است. تمام نویسندگان نسخه نهایی مقاله را مطالعه و تأیید کرده‌اند.

دسترس پذیری داده‌ها

داده‌های حاصل از این پژوهش بنابه درخواست معقول از نویسنده مسئول در دسترس می‌باشد.

ملاحظات اخلاقی

این پژوهش پس از تأیید کمیته ملی اخلاق در پژوهش‌های زیست پزشکی انجام شده و تمامی شرکت کنندگان پس از آگاهی کامل از اهداف و مراحل مطالعه، رضایت نامه آگاهانه کتبی را امضا نمودند. کلیه مراحل پژوهش مطابق با اصول بیانیه هلسینکی انجام شده است.

تعارض منافع

بدین وسیله پدیدآوران اعلام می‌کنند که این اثر حاصل یک پژوهش مستقل بوده و هیچ گونه تضاد منافی با سازمان‌ها و اشخاص دیگری ندارد.

منابع

1. Hu F, Wen J, Phau I, Ying T, Aston J, Wang W. The role of tourism in healthy aging: an interdisciplinary literature review and conceptual model. *J Hosp Tour Manag.* 2023;56:356-366. [doi:10.1016/j.jhttm.2023.07.013](https://doi.org/10.1016/j.jhttm.2023.07.013).
2. Silva JPLN, Ribeiro F, Valente HB, Vanzella LM, Laurino MJL, do Nascimento GdSS, et al. Association of sedentary behavior and physical activity with occurrence of signs and symptoms in participants of a cardiac rehabilitation program. *Sci Rep.* 2024;14:22738. [doi:10.1038/s41598-024-74199-6](https://doi.org/10.1038/s41598-024-74199-6).
3. Peter-Marske KM, Evenson KR, Moore CC, Cuthbertson CC, Howard AG, Shiroma EJ, et al. Association of accelerometer-measured physical activity and sedentary behavior with incident cardiovascular disease, myocardial infarction, and ischemic stroke: the Women's Health Study. *J Am Heart Assoc.* 2023;12(7):e028180. [doi:10.1161/JAHA.122.028180](https://doi.org/10.1161/JAHA.122.028180).
4. Edwards JJ, Griffiths M, Deenmamode AH, O'Driscoll JM. High-intensity interval training and cardiometabolic health in the general population: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Sports Med.* 2023;53(9):1753-1763. [doi:10.1007/s40279-023-01863-8](https://doi.org/10.1007/s40279-023-01863-8).
5. Cao M, Tang Y, Li S, Zou Y. Effects of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on cardiometabolic risk factors in overweight and obese children and adolescents: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(22):11905. [doi:10.3390/ijerph182211905](https://doi.org/10.3390/ijerph182211905).

6. Wang Y, Wang S, Meng X, Zhou H. Effect of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on cardiovascular risk factors in adolescents: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Physiol Behav.* 2024;275:114459. [doi:10.1016/j.physbeh.2024.114459](https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2024.114459).
7. Adamson S, Lorimer R, Cobley JN, Lloyd R, Babraj J. High intensity training improves health and physical function in middle aged adults. *Biology (Basel).* 2014;3(2):333-344. [doi:10.3390/biology3020333](https://doi.org/10.3390/biology3020333).
8. Lu Y, Wiltshire HD, Baker JS, Wang Q, Ying S. The effect of Tabata-style functional high-intensity interval training on cardiometabolic health and physical activity in female university students. *Front Physiol.* 2023;14:1095315. [doi:10.3389/fphys.2023.1095315](https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1095315).
9. Wang X, Soh KG, Samsudin S, Deng N, Liu X, Zhao Y, et al. Effects of high-intensity functional training on physical fitness and sport-specific performance among athletes: a systematic review with meta-analysis. *PLoS One.* 2023;18(7):e0289723. [doi:10.1371/journal.pone.0289723](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0289723).
10. Wang X, Soh KG, Zhang L, Liu X, Ma S, Zhao Y, et al. Effects of high-intensity functional training on physical fitness in healthy individuals: a systematic review with meta-analysis. *BMC Public Health.* 2025;25(1):528. [doi:10.1186/s12889-025-21538-5](https://doi.org/10.1186/s12889-025-21538-5).
11. Poston WS, Haddock CK, Heinrich KM, Jahnke SA, Jitnarin N, Batchelor DB. Is high-intensity functional training (HIFT)/CrossFit safe for military fitness training? *Mil Med.* 2016;181(7):627-637. [doi:10.7205/MILMED-D-16-00330](https://doi.org/10.7205/MILMED-D-16-00330).
12. Chizewski A, Box A, Kesler RM, Petruzzello SJ. High-intensity functional training (HIFT) improves fitness in recruit firefighters. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(24):13400. [doi:10.3390/ijerph182413400](https://doi.org/10.3390/ijerph182413400).
13. Wibowo S, Fathir LW, Ashadi K, Hartoto S, Al Ardha MA, Kartiko DC. The effect of a short-term high-intensity functional strength training on strength and endurance in recreational runners. *J Phys Educ Sport.* 2021;21:2332-2336. [doi:10.7752/jpes.2021.s4312](https://doi.org/10.7752/jpes.2021.s4312).
14. Heinrich KM, Crawford DA, Langford CR, Kehler A, Andrews V. High-intensity functional training shows promise for improving physical functioning and activity in community-dwelling older adults: a pilot study. *J Geriatr Phys Ther.* 2021;44(1):9-17. [doi:10.1519/JPT.0000000000000251](https://doi.org/10.1519/JPT.0000000000000251).
15. Schneider A, Leite LB, Santos F, Teixeira J, Forte P, Barbosa TM, et al. Effects of high-intensity interval training on functional fitness in older adults. *Appl Sci.* 2025;15(19):10745. [doi:10.3390/app151910745](https://doi.org/10.3390/app151910745).
16. Nunes PRP, Silva TRGB, Carneiro MAS, Martins FM, Souza AP, Orsatti FL. Functional high-intensity interval training is not equivalent when compared to combined training for blood pressure improvements in postmenopausal women: a randomized controlled trial. *Clin Exp Hypertens.* 2022;44(2):127-133. [doi:10.1080/10641963.2021.2001481](https://doi.org/10.1080/10641963.2021.2001481).
17. Zhang X, Wang C, Min R, Zhou Q, Qi Y, Fan J. Cardamom consumption may improve cardiovascular metabolic biomarkers in adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutr Res.* 2024;125:101-112. [doi:10.1016/j.nutres.2024.03.002](https://doi.org/10.1016/j.nutres.2024.03.002).
18. Nameni G, Moradi Y, Zaroudi M, Jamshidi S. Effect of cardamom supplementation on a number of metabolic factors: a systematic review and meta-analysis. *Diabetes Metab Syndr.* 2022;16(6):102523. [doi:10.1016/j.dsx.2022.102523](https://doi.org/10.1016/j.dsx.2022.102523).
19. Asbaghi O, Eslampour E, Reiner Z, Badehnoosh B, Kolaheidoz F, Moradi S, et al. Effect of green cardamom on lipoproteins, glycemic control and anthropometric parameters: a meta-analysis of randomized clinical trials. *Clin Nutr ESPEN.* 2020;37:24-33. [doi:10.1016/j.clnesp.2020.03.015](https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2020.03.015).
20. Kim KH, Jeon KN, Kang MG, Ahn JH, Koh JS, Park Y, et al. Prognostic value of computed tomographic coronary angiography and exercise electrocardiography for cardiovascular events. *Korean J Intern Med.* 2016;31(5):880-890. [doi:10.5904/kjim.2015.263](https://doi.org/10.5904/kjim.2015.263).
21. American College of Sports Medicine. ACSM's health-related physical fitness assessment manual. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2013.
22. Posnakidis G, Aphanis G, Giannaki CD, Mougios V, Bogdanis GC. The addition of high-load resistance exercises to a high-intensity functional training program elicits further improvements in body composition and strength: a randomized trial. *Sports.* 2022;10(12):207. [doi:10.3390/sports10120207](https://doi.org/10.3390/sports10120207).
23. Borg GAV. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 1982;14(5):377-381. [doi:10.1249/00005768-198205000-00012](https://doi.org/10.1249/00005768-198205000-00012).
24. Yahyazadeh R, Ghasemzadeh Rahbardar M, Razavi BM, Karimi G, Hosseinzadeh H. The effect of Elettaria cardamomum (cardamom) on the metabolic syndrome: narrative review. *Iran J Basic Med Sci.* 2021;24(11):1462-1469. [doi:10.22038/IJBMS.2021.54417.12228](https://doi.org/10.22038/IJBMS.2021.54417.12228).
25. Dabidi Roshan V, Noorbakhsh S, Ziatabar Ahmadi SF, Nikseresht M. The physiological impacts of the low- and moderate-volume-HIIT with or without nano-curcumin supplement in women in menopause with obesity. *Adv Public Health.* 2024;2024:5243088. [doi:10.1155/2024/5243088](https://doi.org/10.1155/2024/5243088).

26. Bouaziz W, Malgoyre A, Schmitt E, Lang PO, Vogel T, Kanagaratnam L. Effect of high-intensity interval training and continuous endurance training on peak oxygen uptake among seniors aged 65 or older: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Clin Pract*. 2020;74(6):e13490. [doi:10.1111/ijcp.13490](https://doi.org/10.1111/ijcp.13490).
27. Bishop DJ, Botella J, Genders AJ, Lee MJC, Saner NJ, Kuang J, et al. High-intensity exercise and mitochondrial biogenesis: current controversies and future research directions. *Physiology*. 2019;34(1):56-70. [doi:10.1152/physiol.00038.2018](https://doi.org/10.1152/physiol.00038.2018).
28. Scoubeau C, Carpentier J, Baudry S, Faoro V, Klass M. Comparison of body composition, cardiorespiratory, and neuromuscular adaptations induced by three different high-intensity training protocols. *Physiol Rep*. 2025;13(7):e70306. [doi:10.14814/phy2.70306](https://doi.org/10.14814/phy2.70306).
29. Resende-Silva S, de Resende-Neto AG, Vasconcelos ABS, Pereira-Monteiro MR, Pantoja-Cardoso A, Santana Santos LE, et al. Functional training improves cognitive function, functional fitness, and BDNF levels in older women with mild cognitive impairment: a randomized controlled trial. *Front Physiol*. 2025;16:1638590. [doi:10.3389/fphys.2025.1638590](https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1638590).
30. Stern G, Psycharakis SG, Phillips SM. Effect of high-intensity interval training on functional movement in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med Open*. 2023;9(1):5. [doi:10.1186/s40798-023-00551-1](https://doi.org/10.1186/s40798-023-00551-1).
31. Marriott CFS, Petrella AFM, Marriott ECS, Boa Sorte Silva NC, Petrella RJ. High-intensity interval training in older adults: a scoping review. *Sports Med Open*. 2021;7(1):49. [doi:10.1186/s40798-021-00344-4](https://doi.org/10.1186/s40798-021-00344-4).
32. Stutz J, Casutt S, Spengler CM. Respiratory muscle endurance training improves exercise performance but does not affect resting blood pressure and sleep in healthy active elderly. *Eur J Appl Physiol*. 2022;122(12):2515-2531. [doi:10.1007/s00421-022-05024-z](https://doi.org/10.1007/s00421-022-05024-z).
33. Vaccari F, Stafuzza J, Giovanelli N, Lazzer S. High-intensity interval training: optimizing oxygen consumption and time to exhaustion, taking advantage of the exponential reconstitution behaviour of D'. *Eur J Appl Physiol*. 2023;123(1):201-209. [doi:10.1007/s00421-022-05059-2](https://doi.org/10.1007/s00421-022-05059-2).
34. Heydarian A, Tahvilian N, Shahinfar H, Abbas-Hashemi SA, Daryabeygi-Khotbehsara R, Aryaeian N. Effect of cardamom consumption on inflammation and blood pressure in adults: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Food Sci Nutr*. 2024;12(1):3-12. [doi:10.1002/fsn3.3738](https://doi.org/10.1002/fsn3.3738).
35. Izadi B, Joulaei H, Lankarani KB, Tabrizi R, Taherifard E, Sadeghpour A, et al. The effect of green cardamom on blood pressure and inflammatory markers among patients with metabolic syndrome and related disorders: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Phytother Res*. 2023;37(2):679-688. [doi:10.1002/ptr.7648](https://doi.org/10.1002/ptr.7648).
36. Zahedi SG, Koohdani F, Qorbani M, Siassi F, Keshavarz A, Nasli-Esfahani E, et al. The effects of green cardamom supplementation on blood pressure and endothelium function in type 2 diabetic patients: a study protocol for a randomized controlled clinical trial. *Medicine (Baltimore)*. 2020;99:e11005. [doi:10.1097/MD.00000000000011005](https://doi.org/10.1097/MD.00000000000011005).