

Original Article

The effect of combined training and Yohimbine supplementation on serum leukemia inhibitory factor levels in overweight men

Seyed Shervin Shahshahani , Sadegh Amani Shalamzari* 

Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

Abstract

Background and Purpose: Obesity and overweight have been recognized as major public health concerns in recent years, and their management requires multidimensional approaches. Regular physical activity not only improves body composition but also influences metabolic and inflammatory processes through the secretion of myokines. Among these, Leukemia Inhibitory Factor (LIF) is an exercise-induced myokine that plays a crucial role in glucose uptake, energy metabolism, and the modulation of inflammatory responses. On the other hand, yohimbine, an α_2 -adrenergic receptor antagonist, acts as a lipolysis-stimulating supplement that affects metabolic pathways. Accordingly, this study aimed to investigate the effect of concurrent training combined with high and low doses of yohimbine on plasma LIF concentrations in overweight men.

Materials and Methods: In this quasi-experimental study, twenty-four overweight men (Mean $\pm$ SD; age, 24 $\pm$ 3 years; BMI $\geq$ 25 kg/m²) were randomly assigned to three groups: concurrent training + high-dose yohimbine (40 mg), concurrent training + low-dose yohimbine (20 mg), and control. The exercise training lasted for four weeks, three sessions per week, consisted of resistance training and high-intensity interval training (HIIT). Supplements were administered in two daily doses during the four weeks. Body composition indices, aerobic fitness, muscle strength, and serum LIF levels were assessed before and after the intervention. Data were analyzed using paired t-tests and analysis of covariance (ANCOVA).

Results: Both experimental groups showed significant reductions in body weight ($p < 0.01$) and body fat percentage ($p < 0.01$) compared to the control group. Specifically, the high-dose group experienced a 2.37% reduction in body weight, the low-dose group a 1.83% reduction, and the control group a 0.37% increase. Serum LIF levels were increased in both training groups, with the greatest increase observed in the low-dose group, which differed significantly from the high-dose and control groups ($p < 0.01$). Aerobic fitness and muscle strength also were improved significantly in both experimental groups, though no significant between-group differences were detected for the two supplementation doses.

Conclusion: Our findings suggest that concurrent training combined with yohimbine supplementation can improve body composition, physical performance, and serum LIF levels in overweight men over a short

* Corresponding Author's E-mail: amani_sadegh@khu.ac.ir<https://doi.org/10.48308/joeppa.2025.241201.1390>

Received: 23/08/2025

Revised: 04/11/2025

Accepted: 22/11/2025



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/>.

period of time. Considering the adverse effects of high-dose yohimbine, such as elevated blood pressure, and the superior effectiveness of the low dose in increasing LIF levels, concurrent training with low-dose yohimbine may represent a safer and more effective strategy for reducing metabolic and inflammatory risk factors in overweight individuals.

Keywords: Aerobic fitness, Concurrent training, Body composition, Physical performance, Myokine

How to cite this article: Shahshahani S S, Amani Shalamzari S. The effect of combined training and Yohimbine supplementation on serum leukemia inhibitory factor levels in overweight men. J Sport Exerc Physiol. 2026;19(2):52-66.

اثر یک دوره تمرین ترکیبی با مکمل‌یاری یوهمبین بر سطح سرمی عامل مهارکننده لوسمی در مردان دارای اضافه وزن

سید شروین شهشهانی^۱، صادق امانی شلمزاری^{۲*}

گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: چاقی و اضافه وزن از مهم‌ترین چالش‌های سلامت عمومی در این سال‌ها محسوب می‌شود و مهار آن نیازمند رویکردهای چندجانبه است. فعالیت ورزشی منظم افزون بر بهبود ترکیب بدنی، از طریق ترشح مایوکاین‌ها بر فرایندهای سوخت‌وسازی و التهابی نیز تأثیر می‌گذارد. یکی از این مایوکاین‌ها، عامل مهارکننده لوسمی (LIF) است که به‌عنوان مایوکاینی ناشی از فعالیت ورزشی در مصرف گلوکز، سوخت‌وساز انرژی و تعدیل پاسخ‌های التهابی نقش دارد. از سوی دیگر، یوهمبین به‌عنوان یک آنتاگونیست گیرنده α_2 -آدرنژیک نیز به‌عنوان مکمل محرک لیپولیز بر فرایندهای سوخت‌وسازی اثرگذار است. در این زمینه این پژوهش با هدف بررسی اثر تمرین ترکیبی همراه با دو مقدار زیاد و کم یوهمبین بر غلظت پلاسمایی LIF در مردان دارای اضافه وزن انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش نیمه‌تجربی، ۲۴ مرد دارای اضافه وزن (سن 24 ± 3 سال، BMI ≥ 25 کیلوگرم بر متر مربع) به‌صورت تصادفی در سه گروه تمرین+یوهمبین با مقدار زیاد (۴۰ میلی گرم)، تمرین+یوهمبین با مقدار کم (۲۰ میلی گرم) و گروه کنترل قرار گرفتند. مداخله تمرینی به مدت چهار هفته و سه جلسه در هفته شامل تمرین مقاومتی چندمفصلی و هوازی متناوب با شدت بالا (HIIT) بود. مکمل‌ها در دو وعده روزانه تجویز شدند. نشانگرهای ترکیب بدنی، آمادگی هوازی، قدرت ماهیچه‌ای و سطح سرمی LIF پیش و پس از مداخله اندازه‌گیری شد. داده‌ها با آزمون‌های t زوجی و کوواریانس تحلیل شدند.

نتایج: یافته‌ها نشان داد که هر دو گروه تمرینی نسبت به کنترل کاهش معناداری در وزن بدن ($P < 0.01$) و درصد چربی ($P < 0.01$) داشتند، به‌گونه‌ای که گروه مقدار زیاد ۲/۳۷ درصد و گروه مقدار کم ۱/۸۳ درصد کاهش وزن را تجربه کردند، درحالی‌که گروه کنترل افزایش ۰/۳۷ درصد داشت. سطح سرمی LIF در هر دو گروه تمرینی افزایش یافت، اما بیشترین افزایش در گروه مقدار کم دیده شد که اختلاف آن با گروه مقدار زیاد و کنترل معنادار بود ($P < 0.01$). توان هوازی و قدرت ماهیچه‌ای نیز در هر دو گروه تمرینی بهبود چشمگیری یافتند، ولی تفاوت معناداری بین مقادیر مختلف دیده نشد.

نتیجه‌گیری: بر پایه یافته‌ها، گمان می‌رود تمرین ترکیبی همراه با یوهمبین در کوتاه‌مدت موجب بهبود ترکیب بدنی، عملکرد بدنی و سطح LIF مردان دارای اضافه‌وزن شود. با توجه به تأثیرات زیانبار مقدار زیاد از جمله فشار خون بالا و اثربخشی بیشتر مقدار کم یوهمبین در سطح LIF، می‌توان مداخله تمرین ترکیبی با مقدار کم را به‌منزله راهبردی مؤثر و ایمن‌تر در کاهش عوامل خطر سوخت‌وسازی و التهابی در افراد دارای اضافه وزن مدنظر قرار داد.

واژه‌های کلیدی: آمادگی هوازی، تمرین موازی، ترکیب بدن، عملکرد بدنی، مایوکاین.

نحوه استناد به این مقاله: سید شروین شهشهانی س ش، امانی شلمزاری ص. اثر یک دوره تمرین ترکیبی با مکمل‌یاری یوهمبین بر سطح سرمی عامل مهارکننده لوسمی در مردان دارای اضافه وزن. نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی. ۱۴۰۵؛ ۱۹(۲): ۵۲-۶۶.

* رایانامه نویسنده مسئول: amani_sadegh@khu.ac.ir

مقدمه

چاقی و اضافه وزن در این سال‌ها به یکی از مهم‌ترین چالش‌های سلامت عمومی در سراسر جهان تبدیل شده است. بر پایه گزارش سازمان جهانی بهداشت (WHO)، در سال ۲۰۲۲ حدود ۴۳ درصد بزرگسالان جهان دارای اضافه وزن و ۱۶ درصد دچار چاقی بودند؛ به‌گونه‌ای که شیوع اختلالات سوخت‌وسازی در ۴۵ سال گذشته بیش از سه برابر شده است (۱). چاقی، بیماری سوخت‌وسازی مزمن است که با افزایش ذخایر چربی در بافت آدیپوسیت همراه است و یکی از علل اصلی ناتوانی و مرگ‌ومیر در سراسر جهان به‌شمار می‌رود، به‌گونه‌ای که افزون بر بزرگسالان، کودکان و نوجوانان را نیز تحت تأثیر قرار داده است (۲). تراز انرژی بدن حاصل درهم‌کنشی پیچیده میان عوامل ژنتیکی، رفتاری، اجتماعی و محیطی است. در این میان، فعالیت بدنی منظم از مؤثرترین راهکارهای مهار و پیشگیری از چاقی به‌شمار می‌رود. شیوه‌نامه‌های جهانی، تمرین هوازی و ترکیبی (هوازی-مقاومتی) را به‌عنوان رویکردهای اصلی در اصلاح سبک زندگی، حفظ توده بدون چربی و کاهش وزن توصیه می‌کنند (۳).

ترکیبی از ورزش و تغذیه مناسب همواره مؤثرترین راه برای کاهش چربی بدن معرفی شده است. در این میان، تمرین ترکیبی به‌عنوان ادغام تمرین مقاومتی و هوازی در یک برنامه تمرینی، سازگاری‌های مطلوب‌تری نسبت به اجرای منفرد هریک از این دو نوع تمرین ایجاد می‌کند (۴). یافته‌ها نشان داده‌اند که تمرین ترکیبی موجب بهبود نرخ سوخت‌وسازی پایه، حساسیت به انسولین، سوخت‌وساز گلوکز و چربی، نیمرخ لیپیدی و ترکیب بدنی می‌شود؛ افزون بر این، افزایش هایپرتروفی، قدرت، توان و ظرفیت استقامتی نیز گزارش شده است (۵-۷). با این همه، یافته‌ها نشان می‌دهد که تمرین هوازی و ترکیبی نسبت به تمرین

مقاومتی در کاهش توده چربی مؤثرترند، هرچند تفاوت بارزی بین تمرین هوازی و ترکیبی در چربی‌سوزی گزارش نشده است (۸). همچنین ترکیب تمرین مقاومتی با تمرین هوازی با شدت بالا به فعال‌سازی بیشتر مسیرهای مولکولی مانند PGC-1 α و mTOR منجر می‌شود و نسبت به تمرین استقامتی کم‌شدت، بیان ژن‌های وابسته به اکسایش چربی و بیوژنز میتوکندریایی را بیشتر تحریک می‌کند (۹). با این همه، حفظ کاهش وزن در بلندمدت دشوار است و همین مسئله نیاز به مداخلات چندجانبه و مکملی را برجسته می‌سازد.

در این میان، ماهیچه اسکلتی به‌عنوان یک اندوکرینی فعال با ترشح مایوکاین‌هایی همچون عامل مهارکننده لوسمی (LIF) نقش مهمی در تنظیم سوخت‌وساز انرژی، مصرف گلوکز، تعدیل پاسخ‌های التهابی، رشد و بازسازی ماهیچه‌ای دارد (۱۰، ۱۱). LIF که عضوی از خانواده سایتوکاین IL-6 است، از طریق مسیرهای PI3K/Akt/mTORC1 موجب تکثیر سلول‌های ماهواره‌ای، بقا و بازسازی میوبلاست‌ها و کاهش التهاب می‌شود (۱۲-۱۴). همچنین یافته‌ها نشان داده‌اند که LIF با افزایش جذب گلوکز، مهار تمایز آدیپوسیت‌ها و تحریک تمایز استئوبلاست‌ها، به بهبود ترکیب بدن و مقابله با چاقی کمک می‌کند (۱۵). از سوی دیگر، LIF همراه با سایر مایوکاین‌های ناشی از ورزش همچون IL-6 و ایریزین، در تبدیل چربی سفید به قهوه‌ای و افزایش ترموژنز نقش دارد (۱۶، ۱۷). هرچند افزایش بیان LIF در سطح ماهیچه پس از تمرین گزارش شده است، اما به‌دلیل نیمه عمر کوتاه و دشواری سنجش مزمن در سرم، یافته‌های پژوهشی تنها به تأثیرات سراسری (و سیستمیک) آن محدودند (۱۶، ۱۸، ۱۹).

از طرف دیگر، فرایند لیپولیز در بافت چربی سفید تحت کنترل هورمون‌ها و گیرنده‌های آدرنرژیک قرار دارد. گیرنده‌های α_2 با مهار cAMP و آنزیم HSL، مانع تجزیه تری‌گلیسیرید می‌شوند. تراکم بالای این گیرنده‌ها در نواحی خاص بدن مقاومت آنها را به چربی‌سوزی افزایش می‌دهد (۲۰، ۲۱). یوهمبین، یک آلکالوئید طبیعی و آنتاگونیست گیرنده α_2 است که با مهار این مسیر، موجب افزایش cAMP، فعال‌سازی HSL و تقویت لیپولیز می‌شود. یافته‌ها نشان می‌دهد دریافت یوهمبین پیش از ورزش با افزایش کاتکولامین‌ها و اسیدهای چرب آزاد، بهبود اکسایش چربی و کاهش ضریب تبادل تنفسی، می‌تواند تأثیرات تمرین را تقویت کند (۲۲). با این حال، مصرف مقادیر زیادی یوهمبین از طریق تحریک دستگاه سمپاتیک موجب افزایش فشار خون شود (۲۳) و این موضوع ضرورت بررسی علمی مقادیر مختلف آن را در مداخلات ورزشی برجسته می‌سازد.

بر پایه یافته‌های پیشین، گمان می‌رود ترکیب تمرین ترکیبی و مکمل‌یاری یوهمبین از طریق مسیرهای فیزیولوژیک و مولکولی می‌تواند تأثیرات چشمگیری بر بهبود ترکیب بدنی، افزایش ظرفیت هوازی، ارتقای قدرت ماهیچه‌ای و افزایش سطوح LIF داشته باشد. با این همه، در زمینه مقایسه مقادیر مختلف یوهمبین در حضور تمرین ورزشی، پژوهش‌های کم‌شماری انجام شده است. پرسش بنیادین این است که آیا انجام تمرین ورزشی می‌تواند تأثیرات بالقوه نامطلوب مقدار زیادی یوهمبین (از جمله افزایش فشار خون) را تعدیل و همتراز کند. در این زمینه پرسش بنیادی و ریشه‌ای در این پژوهش چنین تعریف می‌شود که آیا یک دوره تمرین ترکیبی همراه با مکمل‌یاری یوهمبین می‌تواند سطح سرمی LIF و نشانگرهای ترکیب بدنی و عملکرد ورزشی را در مردان دارای اضافه وزن بهبود بخشد، و آیا مقدار کم یوهمبین در

حضور تمرین می‌تواند آثار مشابه مقدار بالاتر را ایجاد کند؟ از این رو، این پژوهش با هدف بررسی اثر تمرین ترکیبی همراه با دو مقدار متفاوت یوهمبین بر سطوح سرمی LIF، وزن، درصد چربی بدن، قدرت ماهیچه‌ای و آمادگی هوازی مردان دارای اضافه وزن انجام شد، زیرا گمان می‌رود تمرین ترکیبی در کنار دریافت یوهمبین، حتی در مقدار کم، بتواند تغییرات سوخت‌وسازی و عملکردی مشابه مقدار بیشتر را ایجاد کند و از بروز عوارض احتمالی ناشی از دریافت مقادیر زیاد مکمل جلوگیری به عمل آورد.

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش: این پژوهش از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه کنترل بود. جامعه آماری شامل دانشجویان مرد دارای اضافه وزن دانشگاه خوارزمی تهران بود. نمونه‌گیری به صورت هدفمند انجام گرفت و در نهایت ۲۴ نفر با نمایه توده بدنی (BMI) بالاتر از ۲۵ کیلوگرم بر متر مربع به صورت داوطلبانه در پژوهش شرکت کردند. آزمودنی‌ها پس از دریافت رضایت‌نامه آگاهانه، به طور تصادفی در سه گروه مساوی (هر گروه هشت نفر) قرار گرفتند:

۱. گروه تمرین همراه با مکمل یوهمبین با مقدار زیاد (۴۰ میلی‌گرم)؛
۲. گروه تمرین همراه با مکمل یوهمبین با مقدار کم (۲۰ میلی‌گرم)؛
۳. گروه کنترل (بدون مداخله).

حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار GPower و با در نظر گرفتن توان آماری ۰/۹۰، سطح معناداری ۰/۵۰، و اندازه اثر متوسط ($f=0/60$)، تعیین شد. در جدول ۱ میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای سن، قد، وزن، نسبت کمر به لگن و درصد چربی در سه گروه مورد بررسی گزارش شده است.

جدول ۱. ویژگی‌های فردی و پیکرسنجی آزمودنی‌های پژوهش

گروه‌های پژوهش	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	BMI (کیلوگرم بر متر مربع)	درصد چربی (درصد)
گروه تمرین-مقدار زیاد	۲۳/۷۵ ± ۳/۰۴	۱۷۹/۶۶ ± ۵/۵۵	۹۰/۵۴ ± ۱۰/۸۵	۲۸/۰۵ ± ۳/۷۸	۲۵/۶۳ ± ۶/۵۵
گروه تمرین-مقدار کم	۲۵/۵۸ ± ۳/۳۹	۱۸۰/۱۶ ± ۴/۷۲	۸۹/۰۸ ± ۱۱/۹۳	۲۷/۴۵ ± ۳/۹۵	۲۴/۱۴ ± ۴/۵۸
گروه کنترل	۲۴/۷ ± ۳/۵۲	۱۷۸/۴۰ ± ۳/۱۷	۸۶/۰۸ ± ۱۱/۰۸	۲۷/۰۴ ± ۳/۶۱	۲۴/۵۲ ± ۴/۱۹
			۸۶/۳۷ ± ۱۱/۲۷	۲۷/۱۳ ± ۳/۶۷	۲۴/۹۰ ± ۴/۱۷

روش اجرای پژوهش

یک هفته پیش از آغاز مداخله، آزمودنی‌ها طی دو جلسه در آزمایشگاه فیزیولوژی ورزشی دانشگاه خوارزمی حضور یافتند. پس از ارائه توضیحات کامل درباره روند پژوهش و آشنایی با ابزارهای آزمایشگاهی، همه افراد رضایت‌نامه آگاهانه را تکمیل و امضا کردند. همه مراحل اجرای پژوهش بر پایه شیوه‌نامه هلسینکی شامل اطلاع‌رسانی کامل به آزمودنی‌ها، استفاده از تجهیزات ایمن و حفظ محرمانگی اطلاعات انجام گرفت. پژوهش توسط کمیته اخلاق دانشگاه خوارزمی تأیید شد (کد اخلاق: IR.KHU.REC.1403.185).

در مرحله پیش‌آزمون، اندازه‌گیری‌های فیزیولوژیکی شامل قد، وزن، درصد چربی بدن، نسبت دور کمر به لگن و فشار خون و آزمون‌های عملکردی شامل یک تکرار بیشینه (با استفاده از فرمول برزسکی) در حرکات هاگ پا، پشت ران دستگاه، پرس سینه هالتر، قایقی دست‌جمع و پرس سرشانه اسمیت انجام گرفت. آمادگی هوازی نیز با آزمون پنج دقیقه دوییدن روی نوار گردان محاسبه شد. وزن با ترازوی دیجیتال SCEA (ساخت آلمان) و درصد چربی بدن با کالیپر هارپندن (ساخت آمریکا) و فرمول هفت‌نقطه‌ای جکسون-پولاک تعیین شد. از شرکت‌کنندگان خواسته شد در طول پژوهش از دریافت هرگونه مکمل دیگر و رژیم غذایی خاص (غیر از غذای سلف دانشگاه) خودداری کنند. ضربان قلب

بیشینه (HRmax) با استفاده از فرمول (سن-۲۲۰)

برآورد شد.

روش انجام تمرین

مداخله تمرینی به مدت چهار هفته و سه جلسه در هفته در سالن ورزشی دانشگاه اجرا شد. هر جلسه شامل تمرین مقاومتی و تمرین هوازی با شدت بالا بود و با گرم کردن پویا آغاز می‌شد و با سرد کردن پایان می‌یافت. تمرین مقاومتی شامل حرکات چندمفصلی (هاگ پا، پشت ران دستگاه، پرس سینه هالتر، قایقی دست‌جمع و پرس سرشانه اسمیت) با شدت ۷۰ تا ۸۵ درصد یک تکرار بیشینه اجرا شد. تکرارها از ۱۲-۱۵ در هفته نخست به ۸-۱۰ در هفته چهارم کاهش یافت و زمان استراحت بین نوبت‌ها از یک دقیقه به دو دقیقه افزایش پیدا کرد (جدول ۲).

بلافاصله پس از تمرین مقاومتی، تمرین هوازی با شدت بالا اجرا شد. ۳۰ ثانیه دوییدن با شدت بالاتر از ۸۵ درصد HRmax و ۶۰ ثانیه راه رفتن یا دوییدن سبک در ۵۰ درصد HRmax. مدت زمان تمرین هوازی شدید از ۱۵ دقیقه در هفته اول (۱۰ وهله) تا ۳۶ دقیقه در هفته چهارم (۲۴ وهله) افزایش یافت (جدول ۳). شدت ضربان قلب با حسگر پولار (ساخت فنلاند) پایش شد. با توجه به سطح آمادگی پایین آزمودنی‌ها و جلوگیری از خستگی زودرس، ابتدا تمرین مقاومتی و سپس

تمرین هوازی با شدت بالا اجرا شد. تمرین یوهمبین (محصول شرکت ایران دارو) در قالب کپسول‌های ناشناس و بدون برچسب به دو گروه تمرینی تجویز شد. گروه مقدار زیاد روزانه ۴۰ میلی گرم و گروه مقدار کم ۲۰ میلی گرم دریافت کردند (در دو نوبت صبح و بعدازظهر). در روزهای تمرین، مکمل یک ساعت پیش از آغاز تمرین دریافت می‌شد (جدول ۴). به‌منظور پایش پایداری، زمان دریافت مکمل از طریق پیامک به آزمودنی‌ها یادآوری می‌شد. گروه کنترل هیچ مکملی دریافت نکرد.

جدول ۲. روش انجام تمرین مقاومتی

زمان	شدت تمرین	تکرار و نوبت	استراحت بین نوبت‌ها (ثانیه)
هفته اول	۷۰ درصد 1RM	۳ × ۱۲	۶۰
هفته دوم	۷۵ درصد 1RM	۳ × ۱۲	۶۰
هفته سوم	۸۰ درصد 1RM	۳ × ۱۰	۹۰
هفته چهارم	۸۵ درصد 1RM	۳ × ۸	۱۲۰

حرکات: ۱. هاگ پا ۲. پشت ران دستگاه ۳. پرس سینه هالتر ۴. قایقی دست‌جمع ۵. پرس سر شانه اسمیت؛ 1RM: یک تکرار بیشینه

جدول ۳. روش انجام تمرین دویدن تناوبی با شدید بالا

هفته	تعداد و هله هر جلسه	فعالیت	استراحت فعال
هفته اول	۱۰ - ۱۱ - ۱۲	بیشتر از ۸۵ درصد HRmax، ۳۰ ثانیه	کمتر از ۵۰ درصد HRmax، ۶۰ ثانیه
هفته دوم	۱۴ - ۱۵ - ۱۶	بیشتر از ۸۵ درصد HRmax، ۳۰ ثانیه	کمتر از ۵۰ درصد HRmax، ۶۰ ثانیه
هفته سوم	۱۸ - ۱۹ - ۲۰	بیشتر از ۸۵ درصد HRmax، ۳۰ ثانیه	کمتر از ۵۰ درصد HRmax، ۶۰ ثانیه
هفته چهارم	۲۲ - ۲۳ - ۲۴	بیشتر از ۸۵ درصد HRmax، ۳۰ ثانیه	کمتر از ۵۰ درصد HRmax، ۶۰ ثانیه

HRmax: ضربان قلب بیشینه

جدول ۴. مقدار مکمل یوهمبین دریافتی گروه‌ها

گروه‌ها	مقدار مکمل	زمان مصرف
گروه مقدار زیاد	روزانه ۴۰ میلی گرم	صبح ناشتا / پیش از شش عصر
گروه مقدار کم	روزانه ۲۰ میلی گرم	صبح ناشتا / پیش از شش عصر
گروه کنترل	بدون دریافت مکمل	-

روش‌های آزمایشگاهی: نمونه‌گیری خونی در دو مرحله (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) پس از ۱۲ ساعت ناشتایی انجام شد. در هر مرحله ۱۰ میلی‌لیتر خون از سیاهرگ بازویی دست راست گرفته شد. نمونه‌گیری پیش‌آزمون ۲۴ ساعت پیش از نخستین جلسه تمرین و دریافت مکمل، و نمونه‌گیری پس‌آزمون ۲۴ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین انجام گرفت. نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند و سرم جدا شده در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد ذخیره شد تا برای بررسی‌های آتی استفاده شود. سطح سرمی LIF با روش الایزا و کیت تجاری (ZB-11111C-H9648)، زیل بایو، ساخت آلمان به روش رنگ‌سنجی

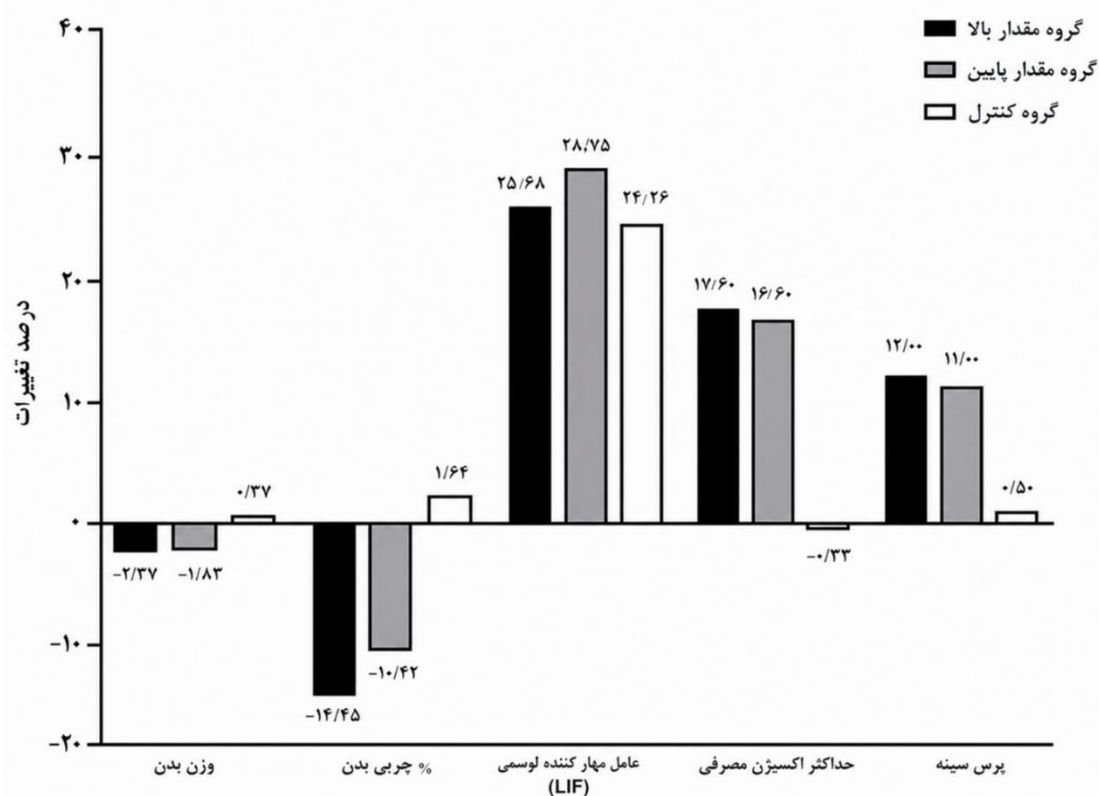
آنزیمی و در سه تکرار اندازه‌گیری شد.

تحلیل آماری: نخست داده‌ها با استفاده از آمار توصیفی (میانگین و انحراف معیار) و آزمون شاپیرو-ویلک از دید هنجار بودن بررسی شدند. تجانس واریانس‌ها با آزمون لون تأیید شد. برای مقایسه درون‌گروهی از آزمون t زوجی و برای مقایسه بین‌گروهی از تحلیل کوواریانس استفاده شد. در صورت دیدن اختلاف معنادار، آزمون تعقیبی بونفرونی برای تعیین تفاوت بین گروه‌ها به کار رفت. همه تحلیل‌ها با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۷ در سطح معناداری ۰/۰۵ انجام گرفت.

نتایج

یافته‌ها نشان داد که مداخله تمرین ترکیبی همراه با مکمل یوهمبین (مقدار کم و زیاد) موجب تغییرات معناداری در نشانگرهای وزن بدن، درصد چربی، سطح

سرمی LIF، آمادگی هوازی و قدرت ماهیچه‌ای شد. وزن بدن در هر دو گروه تمرینی به‌طور معناداری کاهش یافت ($P < ۰/۰۰۱$)، درحالی‌که در گروه کنترل تغییری دیده نشد (شکل ۱). تحلیل کوواریانس اختلاف بین گروه‌ها را تأیید کرد ($P = ۰/۰۰۳$ ، $\eta^2 = ۰/۴۱۴$). آزمون بونفرونی نشان داد درصد کاهش وزن در گروه مقدار زیاد (۲/۳۷ درصد) بیشتر از گروه مقدار کم (۱/۸۳ درصد) بود و در گروه کنترل افزایش ۰/۳۷ درصدی دیده شد. درصد چربی بدن نیز در هر دو گروه تمرینی به‌طور معناداری کاهش یافت ($P < ۰/۰۰۱$) و تحلیل کوواریانس نیز تفاوت معناداری را بین گروه‌ها گزارش کرد ($P = ۰/۰۰۶$ ، $\eta^2 = ۰/۴۷۴$). آزمون تعقیبی نشان داد که این کاهش در گروه مقدار زیاد (۱۴/۴۵- درصد) به‌طور معناداری بیشتر از گروه مقدار کم (۱۰/۴۲- درصد) بود و در گروه کنترل افزایش ۱/۶۴٪ دیده شد.



شکل ۱. درصد تغییرات نشانگرهای گروه‌ها با مقادیر مختلف مکمل دهی یوهمبین

سطح سرمی LIF پس از مداخله در گروه‌های تمرینی افزایش معناداری یافت ($P < 0.001$) و تحلیل کوواریانس نیز اختلاف بین گروه‌ها را معنادار گزارش کرد ($F = 8.049$, $P = 0.003$, $\eta^2 = 0.446$). آزمون بونفرونی نشان داد که افزایش LIF در گروه مقدار کم به‌طور معناداری بیشتر از گروه مقدار زیاد و کنترل بود، درحالی‌که تفاوت بین گروه مقدار زیاد و کنترل معنادار نبود.

آمادگی هوازی در هر دو گروه تمرینی افزایش معناداری یافت ($P < 0.001$) و تحلیل کوواریانس اختلاف معناداری بین گروه‌ها را نشان داد ($P = 0.024$, $\eta^2 = 0.304$). آزمون تعقیبی نشان داد هر دو گروه تمرینی نسبت به کنترل بهبود معناداری داشتند، اما بین دو گروه تمرینی تفاوتی دیده نشد. بیشترین افزایش در گروه مقدار زیاد ($17/60$ درصد) و سپس مقدار کم ($16/60$ درصد) ثبت شد، درحالی‌که گروه کنترل کاهش $0/33$ درصد نشان داد. در نهایت، قدرت پرس سینه نیز پس از مداخله در هر دو گروه تمرینی به‌طور معناداری افزایش یافت ($P < 0.001$) و تحلیل کوواریانس تفاوت بین گروه‌ها در آزمون معنادار بود ($P = 0.011$, $\eta^2 = 0.376$). آزمون تعقیبی نشان داد که هر دو گروه تمرینی نسبت به گروه کنترل تفاوت معناداری داشتند، ولی بین دو مقدار اختلاف آماری وجود نداشت.

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف بررسی اثر یک دوره تمرین ترکیبی همراه با دو مقدار متفاوت یوهمبین بر سطح سرمی LIF و نشانگرهای ترکیب بدنی و عملکردی در مردان دارای اضافه‌وزن انجام گرفت. یافته‌ها نشان داد که هر دو مقدار یوهمبین در ترکیب با تمرین موجب افزایش معنادار سطح سرمی LIF، بهبود آمادگی هوازی و قدرت ماهیچه‌ای و نیز کاهش وزن و درصد چربی بدن شدند. با این همه، بیشترین افزایش سطح LIF در گروه مقدار

کم دیده شد، درحالی‌که تفاوت بین مقدار بالاتر و گروه کنترل معنادار نبود. بر پایه این یافته‌ها، فرضیه پژوهش مبنی بر اینکه فعالیت بدنی ترکیبی می‌تواند اثربخشی مقدار کم یوهمبین را به سطحی مشابه یا حتی برتر از مقدار زیاد برساند و از بروز عوارض احتمالی جلوگیری کند، تأیید شد. بنابراین، با توجه به یافته‌ها و نبود تفاوت بین دو گروه با مقدار زیاد و کم، گمان می‌رود انجام تمرین ترکیبی و دریافت مقدار کم می‌تواند بدون عوارض باشد و تأثیرات مثبتی در کاهش وزن داشته باشد.

LIF یکی از مایوکاین‌های کلیدی مترشح از ماهیچه اسکلتی است که در بازسازی ماهیچه، تکثیر سلول‌های ماهواره‌ای، کاهش التهاب و تنظیم سوخت‌وساز نقش دارد (۱۰، ۲۴). بیشتر پژوهش‌های پیشین گزارش کرده‌اند که LIF پس از تمرین، به‌ویژه تمرین مقاومتی، در سطح ماهیچه بیان می‌شود، اما تغییر معناداری در گردش خون ندارد، زیرا عملکرد آن بیشتر به‌صورت اتوکرین یا پاراکرین است. بروهولم و همکاران (۲۰۱۱) نیز نشان دادند که بیان mRNA مربوط به LIF در ماهیچه پس از تمرین مقاومتی افزایش می‌یابد، اما سطح سرمی آن بدون تغییر باقی می‌ماند (۲۵). یکی از دلایل این پدیده نیمه عمر کوتاه LIF در پلاسما (۶-۸ دقیقه) و پاک‌سازی سریع آن از جریان خون است (۲۶). یافته‌های این پژوهش در تضاد با یافته‌های پیشین نشان داد سطح سرمی LIF پس از چهار هفته تمرین ترکیبی به‌طور معناداری افزایش می‌یابد. این اختلاف ممکن است ناشی از طراحی ویژه روش‌های تمرین باشد، چراکه ترکیب تمرین مقاومتی چندمفصلی با تمرین تناوبی با شدت بالا، محرک‌های مکانیکی و سوخت‌وسازی قوی‌تری ایجاد کرده و تولید LIF را افزایش داده است. یافته‌های حیوانی نیز نشان می‌دهند که تحریک‌های مکرر ماهیچه‌ای می‌تواند ترشح LIF را در بافت ماهیچه تقویت کنند (۱۴). افزون بر این،

دریافت یوهمبین شاید نقش تسهیلی در پاسخ LIF ایفا کرده است. یوهمبین با مهار گیرنده‌های α_2 آدرنرژیک، سبب افزایش ترشح کاتکول آمین‌ها می‌شود و این هورمون‌ها می‌توانند به‌طور غیرمستقیم آزادسازی مایوکاین‌هایی نظیر LIF را تحریک کنند (۲۷). همچنین با افزایش اسیدهای چرب آزاد از طریق لیپولیز، تغییرات سوخت‌وسازی در ماهیچه شاید شرایط مساعدتری برای تولید LIF فراهم کرده باشد. یافته‌های بارنز و همکاران (۲۰۲۲) نیز مؤید آن است که دریافت مقدار کم یوهمبین پیش از تمرین، با بهبود سوخت‌وساز انرژی و کاهش لاکتات همراه است (۲۸).

از دید نشانگرهای عملکردی، یافته‌های این پژوهش نشان داد آمادگی هوازی آزمودنی‌ها با اندازه اثر قوی افزایش می‌یابد. این یافته با اصول فیزیولوژی ورزش همراستاست که بیان می‌کنند تمرین منظم موجب بهبود ظرفیت هوازی می‌شود (۲۹). در این زمینه، پالارس و ایزکوردو (۲۰۱۱) در مروری نظام‌مند گزارش کردند که تمرین موازی می‌تواند به‌طور مؤثر VO_{2max} را افزایش دهد (۳۰). همچنین تمرین مقاومتی سبب افزایش توده ماهیچه‌ای و در نتیجه افزایش مصرف انرژی در حالت استراحت می‌شود، درحالی‌که HIIT از طریق افزایش مصرف اکسیژن پس از تمرین (EPOC)، تحریک کاتکول آمین‌ها و افزایش β اکسایش چربی، به‌طور ویژه چربی‌سوزی را تقویت می‌کند (۳۱). بوچر و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که HIIT کاهش معناداری در چربی شکمی نسبت به تمرین تداومی ایجاد می‌کند (۳۲). همسو با یافته‌های حاضر، اوداناهو جی و همکاران (۲۰۲۱) نیز در مروری نظام‌مند گزارش کردند ترکیب تمرین هوازی با شدت بالا و مقاومتی با شدت بالا در افراد چاق اثربخش‌تر از تمرین دیگر در کاهش چربی بدن، افزایش توده بدون چربی و آمادگی قلبی تنفسی است (۳۳). همچنین لی و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند تمرین ترکیبی افزون بر بهبود

قدرت پایین‌تنه و افزایش توده بدون چربی، نشانگرهای آمادگی هوازی را نیز ارتقا می‌دهد (۳۴). یافته‌های این پژوهش نشان داد تمرین ترکیبی همراه با دریافت یوهمبین، صرف‌نظر از مقدار، موجب افزایش معنادار قدرت ماهیچه‌ای (پرس سینه) نسبت به گروه کنترل شد، درحالی‌که بین دو مقدار کم و زیاد تفاوتی دیده نشد. این یافته نشان می‌دهد که تأثیرات عملکردی بیشتر ناشی از خود تمرین ترکیبی است تا تفاوت در میزان مکمل دریافت‌شده. در مقابل، برخی پژوهش‌های پیشین گزارش کرده‌اند که دریافت یوهمبین به‌تنهایی تغییر معناداری در نشانگرهای عملکرد ورزشی ایجاد نمی‌کند و بهبود دیده‌شده در آزمون‌های قدرت یا پرس عمودی از دید آماری غیرمعنادار بوده است (۳۵، ۳۶). یافته‌های وزن بدن در این پژوهش نشان داد هر دو گروه تمرینی کاهش معناداری نسبت به گروه کنترل داشتند، درحالی‌که بین مقادیر مختلف اختلافی دیده نشد. درصد کاهش وزن در گروه مقدار زیاد ۲/۴۷- درصد، در گروه مقدار کم ۱/۳۸- درصد و در گروه کنترل ۰/۳۲ درصد افزایش بود. همچنین یافته‌های حاضر نشان داد درصد چربی بدن در دو گروه تمرینی به‌طور معناداری کاهش یافت، درحالی‌که در گروه کنترل افزایش دیده شد. درصد تغییرات چربی بدن در گروه مقدار بالای یوهمبین ۱۴/۴۵- درصد، در مقدار کم ۱۰/۴۲- درصد و در گروه کنترل ۱/۶۴ درصد افزایش بود. این یافته‌ها با برخی یافته‌های پیشین مبنی بر تأثیرات لیپولیتیک یوهمبین همراستاست؛ به‌گونه‌ای که نشان داده شده یوهمبین با مهار گیرنده‌های α_2 آدرنرژیک و ایجاد حالت هایپرآدرنرژیک، موجب افزایش لیپولیز و کاهش توده چربی می‌شود (۳۷). یافته‌های ما با یافته‌های استوژیک و همکاران (۲۰۰۶) همسوست؛ آن‌ها نشان دادند دریافت یوهمبین در بازیکنان فوتبال حرفه‌ای موجب بهبود در ترکیب بدن و کاهش معنادار درصد چربی می‌شود (۳۸).

از دید مولکولی، افزایش LIF می‌تواند به فرایند چربی‌سوزی وابسته باشد. یافته‌ها نشان داده‌اند که این مایوکاین با مهار تمایز سلول‌های چربی و فعال‌سازی مسیر STAT3، موجب افزایش بیان ژن‌های وابسته به ترموژن از جمله UCP1 می‌شود و فرایند قهوه‌ای شدن چربی سفید را تقویت می‌کند (۲۴، ۳۹). افزون بر این، LIF از طریق بهبود حساسیت انسولینی در بهینه‌سازی سوخت‌وساز چربی نقش دارد. یکی از نکات مهم و ارزشمند در پژوهش حاضر، تفاوت پاسخ بین دو مقدار مکمل یوهمبین بود. گروه دریافت‌کننده مقدار کم افزایش بیشتری در سطح LIF نشان داد. این یافته می‌تواند بیانگر آن باشد که دریافت مقدار کم موجب فعال‌سازی مطلوب گیرنده‌های آدرنرژیک و تقویت پاسخ سوخت‌وسازی شده است، درحالی‌که مقدار زیادتر شاید با ایجاد تنش فیزیولوژیک بیش‌ازحد، بروز پاسخ‌های التهابی یا سازگاری‌های منفی را در پی داشته است. پژوهش‌های پیشین نیز گزارش کرده‌اند که دریافت مقادیر زیادی یوهمبین می‌تواند با عوارضی مانند اضطراب، افزایش فشار خون و اختلال خواب همراه باشد (۴۰)، بنابراین گمان می‌رود دریافت مقدار کمتر در کنار تمرین شدید، گزینه‌ای ایمن‌تر و اثربخش‌تر باشد.

این پژوهش محدودیت‌هایی داشت؛ نخست اینکه حجم نمونه نسبتاً کوچک و محدود به دانشجویان مرد دارای اضافه وزن بود و بنابراین تعمیم نتایج به زنان یا گروه‌های سنی و جمعیتی دیگر باید با احتیاط صورت گیرد؛ دوم اینکه تنها دو مقدار یوهمبین (۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم) و یک روش تمرین ترکیبی بررسی شد؛ درحالی‌که مقادیر متفاوت یا شدت‌های تمرینی دیگر می‌توانند نتایج متفاوتی به همراه داشته باشند. افزون بر این، تنها سطح سرمی LIF سنجیده شد و نبود ارزیابی همزمان سایر مایوکاین‌های کلیدی، تفسیر سازوکارهای مولکولی را محدود می‌سازد. همچنین کوتاه بودن دوره مداخله (چهار هفته) امکان بررسی تأثیرات پایدارتر و

بلندمدت را فراهم نکرد. در این زمینه پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده با حجم نمونه بیشتر و در جمعیت‌های متنوع‌تر (از جمله زنان و افراد با شرایط سوخت‌وسازی ویژه) انجام گیرند. همچنین بررسی مقادیر مختلف یوهمبین همراه با شدت‌ها و الگوهای متفاوت تمرینی و سنجش همزمان چندین مایوکاین و نشانگرهای مولکولی، می‌تواند درک دقیق‌تری از تعامل و درهم‌کنشی بین ورزش و مکمل‌یاری در تنظیم سوخت‌وساز فراهم کند.

روی هم‌رفته یافته‌های این پژوهش نشان داد که تمرین ترکیبی همراه با مکمل یوهمبین، به‌ویژه در مقدار کم، موجب افزایش معنادار سطح سرمی LIF و بهبود نشانگرهای آمادگی بدنی در مردان دارای اضافه وزن می‌شود. بنابراین، می‌توان مقدار کم یوهمبین را به‌مثابه گزینه‌ای ایمن‌تر و مؤثر برای افرادی که در معرض عوارضی مانند افزایش فشار خون هستند، توصیه کرد؛ به‌ویژه زمانی که با فعالیت ورزشی منظم همراه شود. با این همه، برای تعمیم این یافته‌ها به پژوهش‌های بلندمدت‌تر، با نمونه‌های بزرگ‌تر و همچنین اندازه‌گیری همزمان چندین مایوکاین نیاز است تا تفسیر سازوکارهای مولکولی با دقت بیشتری انجام گیرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از طرح با عنوان «اثر یک دوره تمرین ترکیبی با مکمل‌یاری یوهمبین بر سطح سرمی عامل مهارکننده لوسمی در مردان دارای اضافه وزن» است که با حمایت مالی دانشگاه خوارزمی انجام گرفته است. از همه عزیزانی که ما را در اجرای این پژوهش یاری کردند، کمال تشکر و سپاسگزاری را داریم.

حمایت مالی

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه خوارزمی صورت

2016;22:1-203.

<https://doi.org/10.4158/EP161365.GL>

گرفته است.

4. Methenitis S. A brief review on concurrent training: from laboratory to the field. Sports. 2018;6(4):127.
<https://doi.org/10.3390/sports6040127>

5. Schumann M, Yli-Peltola K, Abbiss CR, Häkkinen K. Cardiorespiratory adaptations during concurrent aerobic and strength training in men and women. PloS one. 2015;10(9):e0139279.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139279>

6. Vina J, Sanchis-Gomar F, Martinez-Bello V, Gomez-Cabrera M. Exercise acts as a drug; the pharmacological benefits of exercise. British journal of pharmacology. 2012;167(1):1-12
<https://doi.org/10.1111/j.1476-5381.2012.01970.x>

7. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee I-M, et al. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. Medicine & science in sports & exercise. 2011;43(7):1334-59.
<https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318213fefb>

8. Lafontant K, Rukstela A, Hanson A, Chan J, Alsayed Y, Ayers-Creech WA, et al. Comparison of concurrent, resistance, or aerobic training on body fat loss: a systematic review and meta-analysis. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2025;22(1):2507949.
<https://doi.org/10.1080/15502783.2025.2507949>

مشارکت نویسندگان

سید شروین شهشهانی در انتخاب موضوع پژوهش، اجرای تحقیق و نگارش مقاله و صادق امانی شلمزاری در انتخاب موضوع پژوهش، تحلیل داده‌ها و نگارش مقاله مشارکت داشتند. هر دو نویسنده در بازنگری، ویرایش نهایی مقاله و تأیید نسخه نهایی جهت انتشار نقش داشته و مسئولیت محتوای مقاله را پذیرفته‌اند.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تعارض منافی در خصوص این پژوهش ندارند.

منابع

1. Abarca-Gómez L, Abdeen ZA, Hamid ZA, Abu-Rmeileh NM, Acosta-Cazares B, Acuin C, et al. Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128· 9 million children, adolescents, and adults. The lancet. 2017;390(10113):2627-42
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32129-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32129-3)
2. Yumuk V, Tsigos C, Fried M, Schindler K, Busetto L, Micic D, et al. European guidelines for obesity management in adults. Obesity facts. 2015;8(6):402-24.
<https://doi.org/10.1159/000442721>
3. Garvey WT, Mechanick JI, Brett EM, Garber AJ, Hurley DL, Jastreboff AM, et al. American Association of Clinical Endocrinologists and American College of Endocrinology comprehensive clinical practice guidelines for medical care of patients with obesity. Endocrine Practice.

9. Fyfe JJ, Bishop DJ, Zacharewicz E, Russell AP, Stepto NK. Concurrent exercise incorporating high-intensity interval or continuous training modulates mTORC1 signaling and microRNA expression in human skeletal muscle. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 2016;310(11):R1297-R311. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00479.2015>
10. Pedersen BK. Muscles and their myokines. *Journal of Experimental Biology*. 2011;214(2):337-46. <https://doi.org/10.1242/jeb.048074>
11. Broholm C, Brandt C, Schultz NS, Nielsen AR, Pedersen BK, Scheele C. Deficient leukemia inhibitory factor signaling in muscle precursor cells from patients with type 2 diabetes. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 2012;303(2):E283-E92. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00586.2011>
12. Guo A, Li K, Xiao Q. Sarcopenic obesity: Myokines as potential diagnostic biomarkers and therapeutic targets? *Experimental gerontology*. 2020;139:111022. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2020.111022>
13. Pratesi A, Tarantini F, Di Bari M. Skeletal muscle: an endocrine organ. *Clinical cases in mineral and bone metabolism*. 2013;10(1):11. <https://doi.org/10.11138/ccmbm/2013.10.1.011>
14. Kirk B, Feehan J, Lombardi G, Duque G. Muscle, Bone, and Fat Crosstalk: the Biological Role of Myokines, Osteokines, and Adipokines. *Curr Osteoporos Rep*. 2020;18(4):388-400. <https://doi.org/10.1007/s11914-020-00599-y>
15. Huh JY. The role of exercise-induced myokines in regulating metabolism. *Archives of pharmacal research*. 2018;41(1):14-29. <https://doi.org/10.1007/s12272-017-0994-y>
16. Leuchtmann AB, Adak V, Dilbaz S, Handschin C. The role of the skeletal muscle secretome in mediating endurance and resistance training adaptations. *Frontiers in physiology*. 2021;12:709807. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.709807>
17. Kirk B, Feehan J, Lombardi G, Duque G. Muscle, bone, and fat crosstalk: the biological role of myokines, osteokines, and adipokines. *Current osteoporosis reports*. 2020;18(4):388-400. <https://doi.org/10.1007/s11914-020-00599-y>
18. Aryana IGPS, Hapsari AAAR, Kuswardhani RAT. Myokine regulation as marker of sarcopenia in elderly. *Molecular and Cellular Biomedical Sciences*. 2018;2(2):38-47. <https://doi.org/10.21705/mcbs.v2i2.32>
19. Broholm C, Laye MJ, Brandt C, Vadalasetty R, Pilegaard H, Pedersen BK, et al. LIF is a contraction-induced myokine stimulating human myocyte proliferation. *Journal of applied physiology*. 2011;111(1):251-9. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01399.2010>
20. Lafontan M, Berlan M, Galitzky J, Montastruc J-L. Alpha-2 adrenoceptors in lipolysis: α_2 antagonists and lipid-mobilizing strategies. *The American journal of clinical nutrition*. 1992;55(1):219S-27S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/55.1.219s>
21. Polak J, Moro C, Bessière D, Hejnova J, Marques MA, Bajzova M, et al. Acute exposure to long-chain fatty acids impairs

- α 2-adrenergic receptor-mediated antilipolysis in human adipose tissue. *Journal of lipid research*. 2007;48(1):46-22360(<https://doi.org/10.1194/jlr.m700253-jlr200>)
22. Nowacka A, Śniegocka M, Śniegocki M, Ziółkowska E, Bożiłow D, Smuczyński W. Multifaced nature of Yohimbine—a promising therapeutic potential or a risk? *International Journal of Molecular Sciences*. 2024;25(23):12856. <https://doi.org/10.3390/ijms252312856>
 23. Grossman E, Rosenthal T, Peleg E, Holmes C, Goldstein DS. Oral yohimbine increases blood pressure and sympathetic nervous outflow in hypertensive patients. *Journal of cardiovascular pharmacology*. 1993;22(1):22-6. <https://doi.org/10.1097/00005344-199307000-00004>
 24. Huh JY. The role of exercise-induced myokines in regulating metabolism. *Arch Pharm Res*. 2018;41(1):14-29. <https://doi.org/10.1007/s12272-017-0994-y>
 25. Broholm C, Laye MJ, Brandt C, Vadalasetty R, Pilegaard H, Pedersen BK, et al. LIF is a contraction-induced myokine stimulating human myocyte proliferation. *J Appl Physiol* (1985). 2011;111(1):251-9. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01399.2010>
 26. Leuchtman AB, Adak V, Dilbaz S, Handschin C. The Role of the Skeletal Muscle Secretome in Mediating Endurance and Resistance Training Adaptations. *Front Physiol*. 2021;12:709807. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.709807>
 27. McCarty MF. Pre-exercise administration of yohimbine may enhance the efficacy of exercise training as a fat loss strategy by boosting lipolysis. *Med Hypotheses*. 2002;58(6):491-5. <https://doi.org/10.1054/mehy.2001.1459>
 28. Barnes ME, Cowan CR, Boag LE, Hill JG, Jones ML, Nixon KM, et al. Effects of acute yohimbine hydrochloride supplementation on repeated supramaximal sprint performance. *International journal of environmental research and public health*. 2022;19(3):1316. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031316>
 29. Haixu H, Yujun L, Xina H, Weidong S. Verification and Comparison of Running Assessment Methods for Male University Students' Aerobic Capacity/Cardiorespiratory Fitness. *Journal of Chengdu Sport University*. 2019;45(5):115-21. <https://dx.doi.org/10.15942/j.jcsu.2019.05.014>
 30. García-Pallarés J, Izquierdo M. Strategies to optimize concurrent training of strength and aerobic fitness for rowing and canoeing. *Sports Medicine*. 2011;41(4):329-43. <https://doi.org/10.2165/11539690-000000000-00000>
 31. Liu Y, Dong G, Zhao X, Huang Z, Li P, Zhang H. Post-exercise Effects and Long-Term Training Adaptations of Hormone Sensitive Lipase Lipolysis Induced by High-Intensity Interval Training in Adipose Tissue of Mice. *Front Physiol*. 2020;11:535722. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.535722>
 32. Boutcher SH. High-intensity intermittent exercise and fat loss. *J Obes*. 2011;2011:868305. <https://doi.org/10.1155/2011/868305>

33. O'Donoghue G, Blake C, Cunningham C, Lennon O, Perrotta C. What exercise prescription is optimal to improve body composition and cardiorespiratory fitness in adults living with obesity? A network meta-analysis. *Obesity Reviews*. 2021;22(2):e13137. <https://doi.org/10.1111/obr.13137>
34. Lee MJ-C, Ballantyne JK, Chagolla J, Hopkins WG, Fyfe JJ, Phillips SM, et al. Order of same-day concurrent training influences some indices of power development, but not strength, lean mass, or aerobic fitness in healthy, moderately-active men after 9 weeks of training. *PLoS One*. 2020;15(5):e0233134. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233134>
35. Tam SW, Worcel M, Wyllie M. Yohimbine: a clinical review. *Pharmacology & therapeutics*. 2001;91(3):215-43. [https://doi.org/10.1016/s0163-7258\(01\)00156-5](https://doi.org/10.1016/s0163-7258(01)00156-5)
36. Johnson W, Landry G. Nutritional supplements: fact vs. fiction. *Adolescent Medicine (Philadelphia, Pa)*. 1998;9(3):501-13, vi. PMID: 9928464.
37. Iciek M, Górny M, Kotańska M, Bilska-Wilkosz A, Kaczor-Kamińska M, Zagajewski J. Yohimbine alleviates oxidative stress and suppresses aerobic cysteine metabolism elevated in the rat liver of high-fat diet-fed rats. *Molecules*. 2023;28(5):2025. <https://doi.org/10.3390/molecules28052025>
38. Ostojic SM. Yohimbine: the effects on body composition and exercise performance in soccer players. *Research in Sports Medicine*. 2006;14(4):299-89. <https://doi.org/10.1080/15438620600987106>
39. Poullisse C, Wheeldon L, Limachya R, Mazaheri A, Segaert K. The oscillatory mechanisms associated with syntactic binding in healthy ageing. *Neuropsychologia*. 2020;146:107523. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2020.107523>
40. Beattie MC, Maldonado-Devincci AM, Porcu P, O'Buckley TK, Daunais JB, Grant KA, et al. Voluntary ethanol consumption reduces GABAergic neuroactive steroid (3 α ,5 α)3-hydroxypregnan-20-one (3 α ,5 α -THP) in the amygdala of the cynomolgus monkey. *Addict Biol*. 2017;22(2):318-30. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32129-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32129-3)