

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 are 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 (age 24 ± 3 years, BMI ≥ 25) were randomly assigned to three groups: concurrent training + high-dose yohimbine (40 mg), concurrent training + low-dose yohimbine (20 mg), and control. The intervention lasted four weeks with three sessions per week, consisting of included compound movement resistance training and high-intensity interval training (HIIT). Supplements were administered in two daily doses. 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, and the low-dose group a 1.83% reduction, while the control group showed a 0.37% increase. Serum LIF levels 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 improved significantly in both experimental groups, though no significant differences were detected between the two supplementation doses.

Conclusion: The 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 period. 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: Body composition, Myokine, Aerobic fitness, Concurrent training, Physical performance

How to cite this article: Seyed Shervin 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):?-.?

*Corresponding Author's E-mail: amani_sadegh@khu.ac.ir

<https://doi.org/10.48308/joeppa.2025.241201.1390>

نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی
۱۴۰۵، دوره ۱۹، شماره ۲، صفحه‌های ۱-۹

مقاله پژوهشی

اثر یک دوره تمرین ترکیبی با مکمل یاری یوهمبین بر سطح سرمی فاکتور مهار کننده لوسمی در مردان دارای اضافه وزن

سید شروین شهشهانی  صادق امانی شلمزاری 

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

چکیده

زمینه و هدف: چاقی و اضافه وزن به عنوان یکی از مهم ترین معضلات سلامت عمومی در سال های اخیر شناخته می شوند و مدیریت آنها نیازمند رویکردهای چندجانبه است. فعالیت ورزشی منظم علاوه بر بهبود ترکیب بدنی، از طریق ترشح مایوکاین ها بر فرآیندهای متابولیکی و التهابی نیز تأثیر می گذارد. یکی از این مایوکاین ها، فاکتور مهار کننده لوسمی (LIF) است که به عنوان مایوکاینی ناشی از فعالیت ورزشی در مصرف گلوکز، متابولیسم انرژی و تعدیل پاسخ های التهابی نقش دارد. از سوی دیگر، یوهمبین به عنوان یک آنتاگونیست گیرنده α_2 آدرنرژیک نیز به عنوان مکمل محرک لیپولیز بر فرآیندهای متابولیکی اثرگذار است. بر این اساس، این پژوهش با هدف بررسی اثر تمرین ترکیبی همراه با دو دوز بالا و پایین یوهمبین بر غلظت پلاسمایی LIF در مردان دارای اضافه وزن انجام شد.

مواد و روش ها: در این مطالعه نیمه تجربی، ۲۴ مرد دارای اضافه وزن (سن 24 ± 3 سال، $BMI \geq 25$) به صورت تصادفی در سه گروه تمرین+یوهمبین با دوز بالا (۴۰ میلی گرم)، تمرین+یوهمبین با دوز پایین (۲۰ میلی گرم) و گروه کنترل قرار گرفتند. مداخله تمرینی به مدت ۴ هفته و سه جلسه در هفته شامل تمرین مقاومتی چند مفصلی و هوازی متناوب با شدت بالا (HIIT) بود. مکمل ها در دو وعده روزانه تجویز شدند. شاخص های ترکیب بدنی، آمادگی هوازی، قدرت عضلانی و سطح سرمی LIF قبل و بعد از مداخله اندازه گیری گردید. داده ها با آزمون های t زوجی و کوواریانس تحلیل شدند.

نتایج: نتایج 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؛ به گونه ای که گروه دوز بالا 2.37% و گروه دوز پایین 1.83% کاهش وزن را تجربه کردند، در حالی که گروه کنترل افزایش 0.37% داشت. سطح سرمی LIF در هر دو گروه تمرینی افزایش یافت، اما بیشترین افزایش در گروه دوز پایین مشاهده شد که

اختلاف آن با گروه دوز بالا و کنترل معنادار بود ($P < 0/01$). توان هوازی و قدرت عضلانی نیز در هر دو گروه تمرینی بهبود قابل توجهی یافتند، ولی تفاوت معناداری بین دوزهای مختلف مشاهده نشد.

نتیجه گیری: یافته ها نشان میدهد که تمرین ترکیبی همراه با یوهمبین می تواند در کوتاه مدت موجب بهبود ترکیب بدنی، عملکرد جسمانی و سطح LIF را در مردان دارای اضافه وزن بهبود دهد. با توجه به تاثیرات مضر دوز بالا از جمله فشار خون بالا و اثر بخشی بیشتر دوز پایین یوهمبین در سطح LIF، میتوان مداخله تمرین ترکیبی با دوز پایین را به عنوان راهبردی مؤثر و ایمن تر در کاهش عوامل خطر متابولیکی و التهابی در افراد دارای اضافه وزن مدنظر قرار گیرد.

واژه های کلیدی: ترکیب بدن، مایوکاین، آمادگی هوازی، تمرین موازی، عملکرد جسمانی

نحوه استناد به این مقاله: سید شروین شهشهانی س ش، امانی شلمزاری ص. اثر یک دوره تمرین ترکیبی با مکمل یاری یوهمبین بر سطح سرمی فاکتور مهار کننده لوسمی در مردان دارای اضافه وزن. نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی. ۱۴۰۵؛ ۱۹(۲): ۴-۹.

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۰۱ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۸/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۰۱

چاقی و اضافه وزن در سال‌های اخیر به یکی از مهم‌ترین چالش‌های سلامت عمومی در سراسر جهان تبدیل شده‌اند. براساس گزارش سازمان جهانی بهداشت (WHO)، در سال ۲۰۲۲ حدود ۴۳ درصد بزرگسالان جهان دارای اضافه وزن و ۱۶ درصد دچار چاقی بودند؛ به گونه‌ای که شیوع اختلالات متابولیک در ۴۵ سال گذشته بیش از سه برابر شده است (۱). چاقی یک بیماری متابولیک مزمن است که با افزایش ذخایر چربی در بافت آدیپوسیت همراه است و یکی از علل اصلی ناتوانی و مرگومیر در سراسر جهان به شمار می‌رود، به گونه‌ای که نه تنها بزرگسالان، بلکه کودکان و نوجوانان را نیز تحت تأثیر قرار داده است (۲). تعادل انرژی بدن حاصل تعاملات پیچیده میان عوامل ژنتیکی، رفتاری، اجتماعی و محیطی است. در این میان، فعالیت بدنی منظم یکی از مؤثرترین راهکارها برای مدیریت و پیشگیری از چاقی محسوب می‌شود. دستورالعمل‌های جهانی، تمرینات هوازی و ترکیبی (هوازی-مقاومتی) را به عنوان 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 به عنوان ادغام تمرین مقاومتی و هوازی در یک برنامه تمرینی، سازگاری‌های مطلوب‌تری نسبت به اجرای منفرد هر یک از این دو نوع تمرین ایجاد می‌کند (۴). شواهد نشان داده‌اند که تمرین ترکیبی موجب بهبود نرخ متابولیک پایه، حساسیت به انسولین، متابولیسم گلوکز و چربی، پروفایل لیپیدی و ترکیب بدنی می‌شود؛ علاوه بر این، افزایش هایپرتروفی، قدرت، توان و ظرفیت استقامتی نیز گزارش شده است (۵-۷). با این حال، شواهد نشان می‌دهد که تمرین هوازی و ترکیبی نسبت به تمرین مقاومتی در کاهش توده چربی مؤثرتر هستند، هرچند تفاوت بارزی بین تمرین هوازی و ترکیبی در چربی‌سوزی گزارش نشده است (۸). همچنین، ترکیب تمرین مقاومتی با تمرین هوازی با شدت بالا منجر به فعال‌سازی بیشتر مسیرهای مولکولی مانند PGC-1 α و mTOR شده و نسبت به تمرین استقامتی کم‌شدت، بیان ژن‌های مرتبط با اکسیداسیون چربی و بیوژنز میتوکندریایی را بیشتر تحریک می‌کند (۹). با وجود این، حفظ کاهش وزن در بلندمدت دشوار است و همین امر نیاز به مداخلات چندجانبه و مکملی را برجسته می‌سازد.

در این میان، عضله اسکلتی به عنوان یک اندام اندوکرائینی فعال با ترشح مایوکاین‌هایی همچون فاکتور مهارکننده لوسمی (LIF) نقش مهمی در تنظیم متابولیسم انرژی، مصرف گلوکز، تعدیل پاسخ‌های التهابی، رشد و بازسازی عضلانی دارد (۱۰، ۱۱). LIF که عضوی از خانواده سایتوکاین IL-6 است، از طریق مسیرهای JAK/STAT و PI3K/Akt/mTORC1 موجب تکثیر سلول‌های ماهواره‌ای، بقا و بازسازی میوبلاست‌ها و کاهش التهاب می‌شود (۱۲-۱۴). همچنین، شواهد 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 دارند (۱۶، ۱۷). هرچند افزایش بیان LIF در سطح عضله پس از تمرین گزارش شده است، اما به دلیل نیمه‌عمر کوتاه و هشواری سنجش مزمن در سرم، شواهد مربوط به اثرات سیستمیک آن محدود باقی مانده‌اند (۱۶، ۱۸، ۱۹).

از طرف دیگر، فرآیند لیپولیز در بافت چربی سفید تحت کنترل هورمون‌ها و گیرنده‌های آدرنژیک 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. شواهد نشان می‌دهد مصرف یوهمبین پیش از ورزش با افزایش کاتکولامین‌ها و اسیدهای چرب آزاد، بهبود اکسیداسیون چربی و کاهش ضریب تبادیل تنفسی، می‌تواند اثرات تمرین را تقویت کند (۲۲). با این حال، مصرف دوزهای بالای یوهمبین از طریق تحریک سیستم سمپاتیک موجب افزایش فشار خون شود (۲۳) و این موضوع ضرورت بررسی علمی دوزهای مختلف آن را در مداخلات ورزشی برجسته می‌سازد.

بر اساس شواهد موجود، به نظر می‌رسد ترکیب تمرینات ترکیبی و مکمل‌یاری یوهمبین از طریق مسیرهای فیزیولوژیک و مولکولی می‌تواند اثرات قابل توجهی بر بهبود ترکیب بدنی، افزایش ظرفیت هوازی، ارتقای قدرت عضلانی و افزایش سطوح LIF داشته باشد. با این حال، در زمینه مقایسه دوزهای مختلف یوهمبین در حضور تمرین ورزشی، مطالعات محدودی انجام شده است. پرسش اساسی این است که آیا انجام تمرینات ورزشی می‌تواند اثرات بالقوه نامطلوب دوز بالای یوهمبین (از جمله افزایش فشار خون) را تعدیل کند. بر این اساس، سؤال اصلی تحقیق چنین تعریف می‌شود که آیا یک دوره تمرین ترکیبی همراه با مکمل‌یاری یوهمبین می‌تواند سطح سرمی LIF و شاخص‌های ترکیب بدنی و عملکرد ورزشی را در مردان دارای اضافه‌وزن بهبود بخشد، و آیا دوز پایین یوهمبین در حضور تمرین می‌تواند اثرات مشابه دوز بالاتر را ایجاد کند؟ از اینرو، هدف این مطالعه بررسی اثر تمرین ترکیبی همراه با دو دوز متفاوت یوهمبین بر سطوح سرمی LIF، وزن، درصد چربی بدن، قدرت عضلانی و آمادگی هوازی در مردان دارای اضافه‌وزن بود. فرض ما بر این است که تمرین ترکیبی در کنار مصرف یوهمبین، حتی در دوز پایین، قادر خواهد بود تغییرات متابولیکی و عملکردی مشابه دوز بالاتر را ایجاد کرده و در عین حال از بروز عوارض احتمالی ناشی از مصرف مقادیر زیاد مکمل جلوگیری کند.

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش

این مطالعه از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه کنترل بود. جامعه آماری شامل دانشجویان مرد دارای اضافه‌وزن دانشگاه خوارزمی تهران بود. نمونه‌گیری به صورت هدفمند انجام شد و در نهایت ۲۴ نفر با شاخص توده بدنی (BMI) بالاتر از ۲۵ کیلوگرم بر متر مربع به صورت داوطلبانه در پژوهش شرکت کردند. آزمودنی‌ها پس از اخذ رضایت‌نامه آگاهانه، به طور تصادفی در سه گروه مساوی (هر گروه ۸ نفر) قرار گرفتند:

۱. گروه تمرین همراه با مکمل یوهمبین با دوز بالا (۴۰ میلی‌گرم)،

۲. گروه تمرین همراه با مکمل یوهمبین با دوز پایین (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 ۰/۰۵ و اندازه اثر متوسط (f=۰/۶۰)، تعیین شد. در جدول ۱، میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای سن، قد، وزن، نسبت کمر به لگن و درصد چربی در سه گروه مورد مطالعه گزارش شده است.

گروه‌های پژوهش	سن (سال)	قد (سانتی متر)	وزن (کیلوگرم)	BIM	درصد چربی (درصد)
گروه تمرین - دوز بالا	پیش	۲۳/۷۵ ± ۳/۰۴	۱۷۹/۶۶ ± ۵/۵۵	۹۰/۵۴ ± ۱۰/۸۵	۲۸/۰۵ ± ۳/۷۸
	پس			۸۸/۳۳ ± ۱۰/۸۹	۲۲/۲۰ ± ۷/۰۶
گروه تمرین - دوز پایین	پیش	۲۵/۵۸ ± ۳/۳۹	۱۸۰/۱۶ ± ۴/۷۲	۸۹/۰۸ ± ۱۱/۹۳	۲۷/۴۵ ± ۳/۹۵
	پس			۸۷/۵۴ ± ۱۲/۵۱	۲۶/۹۶ ± ۴/۱۱
گروه کنترل	پیش	۲۴/۷ ± ۳/۵۲	۱۷۸/۴۰ ± ۳/۱۷	۸۶/۰۸ ± ۱۱/۰۸	۲۷/۰۴ ± ۳/۶۱
	پس			۸۶/۳۷ ± ۱۱/۲۷	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، تمامی افراد فرم رضایت‌نامه آگاهانه را تکمیل و امضا کردند. تمامی مراحل اجرای پژوهش بر اساس دستورالعمل هلسینکی شامل اطلاع‌رسانی کامل به آزمودنی‌ها، استفاده از تجهیزات ایمن و حفظ محرمانگی اطلاعات انجام شد. پروتکل پژوهش توسط کمیته اخلاق دانشگاه خوارزمی تأیید گردید (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 دست جمع و پرس سرشانه اسمیت انجام شد. آمادگی هوازی نیز با آزمون ۵ دقیقه دویدن روی تردمیل محاسبه گردید. وزن با ترازوی دیجیتال SCEA (ساخت آلمان) و درصد چربی بدن با کالیپر هارپندن (ساخت آمریکا) و فرمول ۷ نقطه‌ای جکسون-پولاک تعیین شد. از شرکت‌کنندگان خواسته شد در طول پژوهش از مصرف هرگونه مکمل دیگر و رژیم غذایی خاص (غیر از غذای سلف دانشگاه) خودداری کنند. ضربان قلب بیشینه (HRmax) با استفاده از فرمول (سن - ۲۲۰) محاسبه شد.

پروتکل تمرینی

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 و با سرد کردن پایان می‌یافت. تمرینات مقاومتی شامل حرکات چندمفصلی (هاگ پا، پشت ران دستگاه، پرس سینه هالتر، قایقی دست جمع و پرس سرشانه اسمیت) با شدت ۷۰ تا ۸۵ درصد یک تکرار بیشینه اجرا شد. تعداد تکرارها از ۱۲-۱۵ در هفته نخست به ۸-۱۰ در هفته چهارم کاهش یافت و زمان استراحت بین ست‌ها از یک دقیقه به دو دقیقه افزایش پیدا کرد (جدول ۲).

بلافاصله پس از تمرین مقاومتی، تمرینات هوازی با شدت بالا اجرا شد. ۳۰ ثانیه دویدن با شدت بالاتر از ۸۵ درصد HRmax و ۶۰ ثانیه راه رفتن یا دویدن 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 سنسور 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 گردید.

جدول ۲. پروتکل تمرین مقاومتی

زمان	شدت تمرین	تکرار و ست	استراحت بین ست
هفته اول	70% 1RM	3*12	1min
هفته دوم	75% 1RM	3*12	1min
هفته سوم	80% 1RM	3*10	1min,30s
هفته چهارم	85% 1RM	3*8	2min

حرکات: ۱-هاگ پا ۲-پشت ران دستگاه ۳-پرس سینه هالتر ۴-قایقی دست جمع ۵-پرس سر شانه اسمیت

جدول ۳. پروتکل تمرین دویدن تناوبی با شدید بالا

هفته	تعداد وهله هر جلسه	فعال	استراحت فعال
هفته اول	10-11-12	85% > HR, 30s	50% > HR, 60s
هفته دوم	14-15-16	85% > HR, 30s	50% > HR, 60s
هفته سوم	18-19-20	85% > HR, 30s	50% > HR, 60s
هفته چهارم	22-23-24	85% > HR, 30s	50% > HR, 60s

مکمل یاری

مکمل یوهمبین (محصول شرکت ایران دارو) در قالب کپسول های ناشناس و بدون برچسب به دو گروه تمرینی تجویز شد. گروه دوز بالا روزانه ۴۰ میلی گرم و گروه دوز پایین ۲۰ میلی گرم دریافت کردند (در دو نوبت صبح و بعدازظهر). در روزهای تمرین، مکمل یک ساعت پیش از شروع تمرین مصرف می شد (جدول ۴). جهت پایش پایداری، زمان مصرف مکمل از طریق پیامک به آزمودنی ها یادآوری می گردید. گروه کنترل هیچ مکملی دریافت نکرد.

جدول ۴. میزان دوز مصرفی گروه ها

گروه ها	میزان دوز مکمل	زمان مصرف
گروه دوز زیاد	روزانه ۴۰ میلی گرم	صبح ناشتا / قبل از ۶ عصر
گروه دوز کم	روزانه ۲۰ میلی گرم	صبح ناشتا / قبل از ۶ عصر
گروه کنترل	بدون مصرف مکمل	-

روش های آزمایشگاهی

نمونه‌گیری خونی در دو مرحله (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) پس از ۱۲ ساعت ناشتایی انجام شد. در هر مرحله ۱۰ میلی‌لیتر خون از ورید بازویی دست راست گرفته شد. نمونه‌گیری پیش‌آزمون ۲۴ ساعت قبل از نخستین جلسه تمرین و مصرف مکمل، و نمونه‌گیری پس‌آزمون ۲۴ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین انجام گردید. نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند و سرم جداشده در دمای 20°C - سانتی‌گراد ذخیره شد تا برای آنالیزهای بعدی مورد استفاده قرار گیرد. 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

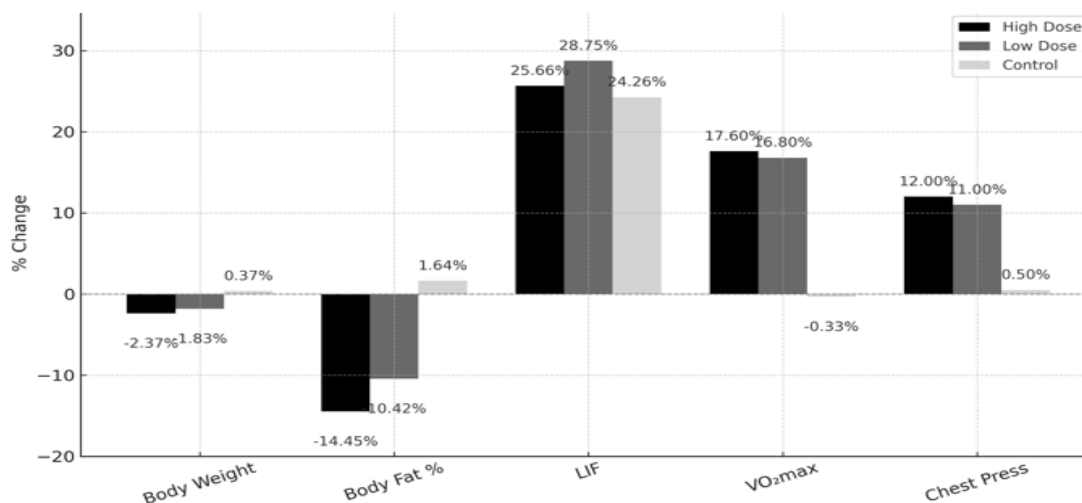
ابتدا داده‌ها با استفاده از آمار توصیفی (میانگین و انحراف معیار) و آزمون شاپیرو-ویلک از نظر نرمال بودن بررسی شدند. تجانس واریانس‌ها با آزمون لون تأیید گردید. برای مقایسه درون‌گروهی از آزمون t زوجی و برای مقایسه بین‌گروهی از تحلیل کوواریانس استفاده شد. در صورت مشاهده اختلاف معنادار، آزمون تعقیبی بونفرونی برای تعیین تفاوت بین گروه‌ها به کار رفت. تمامی تحلیل‌ها با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۷ در سطح معناداری ۰/۵۰ انجام شد.

نتایج

نتایج تحلیل آماری نشان داد که مداخله تمرین ترکیبی همراه با مکمل یوهمبین (دوز پایین و بالا) موجب تغییرات معناداری در شاخص‌های وزن بدن، درصد چربی، سطح سرمی LIF، آمادگی هوازی و قدرت عضلانی شد. وزن بدن در هر دو گروه تمرینی به‌طور معناداری کاهش یافت ($P < 0/001$)، در حالی که در گروه کنترل تغییری مشاهده نشد (شکل ۱). تحلیل کوواریانس اختلاف بین گروه‌ها را تأیید کرد ($\eta^2 = 0/414$, $P = 0/003$). آزمون بونفرونی نشان داد درصد کاهش وزن در گروه دوز بالا (۲/۳۷ درصد) بیشتر از گروه دوز پایین (۱/۸۳ درصد) بود و در گروه کنترل افزایش ۰/۳۷ درصدی مشاهده شد. درصد چربی بدن نیز در هر دو گروه تمرینی به‌طور معناداری کاهش یافت ($P < 0/001$) و تحلیل کوواریانس نیز تفاوت معناداری را بین گروه‌ها گزارش کرد ($P = 0/006$, $P = 0/474$). آزمون تعقیبی نشان داد که این کاهش در گروه دوز بالا (۱۴/۴۵٪) به‌طور معناداری بیشتر از گروه دوز پایین (۱۰/۴۲٪) بود و در گروه کنترل افزایش ۱/۶۴٪ مشاهده شد.

سطح سرمی LIF پس از مداخله در گروه‌های تمرینی افزایش معناداری یافت ($P < 0/001$) و تحلیل کوواریانس نیز اختلاف بین گروه‌ها را معناداری گزارش کرد ($F = 8/049$, $P = 0/003$, $\eta^2 = 0/446$). آزمون بونفرونی نشان داد که افزایش LIF در گروه دوز پایین به‌طور معناداری بیشتر از گروه دوز بالا و کنترل بود، در حالی که تفاوت بین گروه دوز بالا 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 ($\eta^2 = 0/304$, $P = 0/024$). آزمون تعقیبی نشان داد هر دو گروه تمرینی نسبت به کنترل بهبود معناداری داشتند، اما بین دو گروه تمرینی تفاوتی مشاهده نشد. بیشترین افزایش در گروه دوز بالا (۶/۱۷ درصد) و سپس دوز پایین (۸/۱۶ درصد) ثبت شد، در حالی که گروه کنترل کاهش ۰/۳۳ 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 ($P = 0/011$, $P = 0/376$, $\eta^2 = 0/376$). آزمون تعقیبی نشان داد که هر دو گروه تمرینی نسبت به گروه کنترل تفاوت معناداری داشتند، ولی بین دو دوز اختلاف آماری وجود نداشت.



شکل ۱. میزان درصد تغییرات هر گروه در متغیرها بر اساس گروه‌های پژوهش

بحث و نتیجه گیری

هدف پژوهش حاضر بررسی اثر یک دوره تمرین ترکیبی همراه با دو دوز متفاوت یوهمبین بر سطح سرمی LIF و شاخص‌های ترکیب بدنی و عملکردی در مردان دارای اضافه‌وزن بود. نتایج نشان داد که هر دو دوز یوهمبین در ترکیب با تمرین موجب افزایش معنادار سطح سرمی LIF، بهبود آمادگی هوازی و قدرت عضلانی و نیز کاهش وزن و درصد چربی بدن شدند. با این حال، بیشترین افزایش سطح LIF در گروه دوز پایین مشاهده شد، در حالی که تفاوت بین دوز بالاتر و گروه کنترل معنادار نبود. بر اساس این یافته‌ها، فرضیه پژوهش مبنی بر اینکه فعالیت بدنی ترکیبی می‌تواند اثربخشی دوز پایین یوهمبین را به سطحی مشابه یا حتی برتر از دوز بالا برساند و در عین حال از بروز عوارض احتمالی جلوگیری کند، مورد تأیید قرار گرفت. بنابراین، با توجه به یافته‌ها و عدم تفاوت بین دو گروه با دوز بالا و پایین، به نظر می‌رسد انجام تمرین ترکیبی و مصرف دوز پایین می‌تواند بدون عوارض بوده و تأثیرات مثبتی در کاهش وزن داشته باشد.

LIF یکی از مایوکاین‌های کلیدی ترشح‌شده از عضله اسکلتی است که در بازسازی عضله، تکثیر سلول‌های ماهواره‌ای، کاهش التهاب و تنظیم متابولیسم نقش دارد (۱۰، ۲۴). اغلب مطالعات پیشین گزارش کرده‌اند که LIF عمدتاً پس از تمرین، به‌ویژه تمرینات مقاومتی، در سطح عضله بیان می‌شود اما تغییر معناداری در گردش خون ندارد، زیرا عملکرد آن بیشتر به‌صورت اتوکراین یا پاراکراین است. بروهولم و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که بیان mRNA مربوط به LIF در عضله پس از تمرین مقاومتی افزایش می‌یابد، اما سطح سرمی آن بدون تغییر باقی می‌ماند (۲۵). یکی از دلایل این پدیده نیمه‌عمر کوتاه LIF در پلاسما (حدود ۶-۸ دقیقه) و پاک‌سازی سریع آن از جریان خون است (۲۶).

در تضاد با این شواهد، یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد سطح سرمی LIF پس از چهار هفته تمرین ترکیبی به‌طور معناداری افزایش یافت. این اختلاف می‌تواند ناشی از طراحی ویژه پروتکل باشد؛ چراکه ترکیب تمرینات مقاومتی چندمفصلی با تمرینات تناوبی با شدت بالا، محرک‌های مکانیکی و متابولیکی قوی‌تری ایجاد کرده و تولید LIF را افزایش داده است. شواهد حیوانی نیز نشان می‌دهند که تحریک‌های مکرر عضلانی می‌توانند ترشح LIF را در بافت عضله تقویت کنند (۱۴). علاوه بر این، مصرف یوهمبین احتمالاً نقش تسهیلی در پاسخ LIF ایفا کرده است. یوهمبین با مهار گیرنده‌های α_2 آدرنرژیک، سبب افزایش ترشح کاتکول‌آمین‌ها 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 متابولیکی در عضله ممکن است شرایط مساعدتری برای تولید LIF فراهم کرده باشد. یافته‌های بارنز و همکاران (۲۰۲۲) نیز مؤید آن است که مصرف دوز پایین یوهمبین پیش از تمرین، با بهبود متابولیسم انرژی و کاهش لاکتات همراه است (۲۸).

از نظر شاخص‌های عملکردی، نتایج حاضر نشان داد آمادگی هوازی آزمودنی‌ها با اندازه اثر قوی افزایش یافت. این یافته با اصول فیزیولوژی ورزش هم‌راستا است که بیان می‌کند تمرین منظم موجب بهبود ظرفیت هوازی می‌شود (۲۹). در این زمینه، پالارس و ایزکوردو (۲۰۱۱) در یک مرور نظام‌مند گزارش کردند که تمرینات موازی می‌توانند به‌طور مؤثر VO_{2max} را افزایش دهند (۳۰). همچنین، تمرینات مقاومتی باعث افزایش توده عضلانی و در نتیجه افزایش مصرف انرژی در حالت استراحت می‌شوند، درحالی که HIIT از طریق افزایش مصرف اکسیژن پس از تمرین (EPOC)، تحریک کاتکول‌آمین‌ها و افزایش β -اکسیداسیون چربی، به‌طور ویژه چربی‌سوزی را تقویت می‌کند (۳۱). بوچر و همکاران نشان دادند که HIIT کاهش معناداری در چربی شکمی نسبت به تمرینات تناوبی ایجاد می‌کند (۳۲). همسو با یافته‌های حاضر، اوداناویو جی و همکاران (۲۰۲۱) نیز در مروری سیستماتیک گزارش کردند، ترکیب تمرین هوازی با شدت بالا و مقاومتی با شدت بالا در افراد چاق اثربخش‌تر از تمرینات دیگر در کاهش چربی بدن و افزایش توده بدون چربی و آمادگی قلبی تنفسی است (۳۳). همچنین، مطالعه لی و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد تمرین ترکیبی علاوه بر بهبود قدرت پایین‌تنه و افزایش توده بدون چربی، شاخص‌های آمادگی هوازی را نیز ارتقا می‌دهد (۳۴).

یافته‌های این پژوهش نشان داد تمرین ترکیبی همراه با مصرف یوهمبین، صرف‌نظر از دوز، موجب افزایش معنادار قدرت عضلانی (پرس سینه) نسبت به گروه کنترل شد، در حالی که بین دو دوز پایین و بالا تفاوتی مشاهده نگردید. این نتیجه نشان می‌دهد که اثرات عملکردی بیشتر ناشی از خود تمرین ترکیبی است تا تفاوت در میزان مکمل. در مقابل، برخی مطالعات پیشین گزارش کرده‌اند که مصرف یوهمبین به‌تنهایی تغییر معناداری در شاخص‌های عملکرد ورزشی ایجاد نمی‌کند و بهبود مشاهده‌شده در تست‌های قدرت یا پرش عمودی از نظر آماری غیرمعنادار بوده است (۳۵، ۳۶). در خصوص وزن بدن، نتایج نشان داد هر دو گروه تمرینی کاهش معناداری نسبت به گروه کنترل داشتند، در حالی که بین دوزهای مختلف اختلافی مشاهده نشد. درصد کاهش وزن در گروه دوز بالا $2/47\%$ ، در گروه دوز پایین $1/38\%$ و در گروه کنترل $0/32\%$ افزایش بود. همچنین، نتایج حاضر نشان داد درصد چربی بدن در دو گروه تمرینی به‌طور معناداری کاهش یافت، در حالی که در گروه کنترل افزایش مشاهده شد. درصد تغییرات چربی بدن در گروه دوز بالای یوهمبین $14/45\%$ ، در دوز پایین $10/42\%$ و در گروه کنترل $1/64\%$ افزایش بود. این یافته‌ها با شواهد موجود مبنی بر اثرات لیپولیتیک یوهمبین هم‌راستا است؛ به‌گونه‌ای که نشان داده شده یوهمبین با مهار گیرنده‌های α_2 -آدرنژیک و ایجاد حالت‌های پرنرژیک، موجب افزایش لیپولیز و کاهش توده چربی می‌شود (۳۷). یافته‌های ما با مطالعه استوژیک و همکاران (۲۰۰۶) همسو است که نشان دادند مصرف یوهمبین در بازیکنان فوتبال حرفه‌ای موجب بهبود در ترکیب بدن و کاهش معنادار درصد چربی می‌شود (۳۸).

از منظر مولکولی، افزایش LIF می‌تواند با فرآیند چربی‌سوزی مرتبط باشد. شواهد نشان داده‌اند که این مایوکاین با مهار تمایز سلول‌های چربی و فعال‌سازی مسیر STAT3، موجب افزایش بیان ژن‌های مرتبط با ترموژنز از جمله UCP1 شده و فرایند قهوه‌ای‌شدن چربی سفید را تقویت می‌کند (۲۴، ۳۹). علاوه بر این، LIF از طریق بهبود حساسیت انسولینی در بهینه‌سازی متابولیسم چربی نقش دارد. یکی از نکات مهم در مطالعه حاضر، تفاوت پاسخ بین دو دوز مکمل یوهمبین بود. گروه دریافت‌کننده دوز پایین افزایش بیشتری در سطح LIF نشان داد. این یافته می‌تواند بیانگر آن باشد که مصرف دوز پایین موجب فعال‌سازی مطلوب گیرنده‌های آدرنژیک و تقویت پاسخ متابولیکی شده است، در حالی که دوز بالاتر احتمالاً با ایجاد استرس فیزیولوژیک بیش‌ازحد، بروز پاسخ‌های التهابی یا سازگاری‌های منفی را به دنبال داشته است. مطالعات پیشین نیز گزارش کرده‌اند که مصرف دوزهای بالای یوهمبین می‌تواند با عوارضی مانند اضطراب، افزایش فشار خون و اختلال خواب همراه باشد (۴۰)، بنابراین، به‌نظر می‌رسد استفاده از دوز پایین‌تر در کنار تمرین شدید، گزینه‌ای ایمن‌تر و اثربخش‌تر باشد.

پژوهش حاضر با وجود نتایج ارزشمند، دارای محدودیت‌هایی بود. نخست اینکه حجم نمونه نسبتاً کوچک و محدود به دانشجویان مرد دارای اضافه‌وزن بود و بنابراین تعمیم نتایج به زنان یا گروه‌های سنی و جمعیتی دیگر باید با احتیاط صورت گیرد. دوم اینکه تنها دو دوز یوهمبین (۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم) و یک پروتکل تمرین ترکیبی بررسی شد؛ در حالی که دوزهای متفاوت یا شدت‌های تمرینی دیگر می‌توانند نتایج متفاوتی به همراه داشته باشند. علاوه بر این، تنها سطح سرمی LIF سنجیده شد و عدم ارزیابی هم‌زمان سایر مایوکاین‌های کلیدی، تفسیر مکانیزم‌های مولکولی را محدود می‌سازد. همچنین، کوتاه‌بودن دوره مداخله (چهار هفته) امکان بررسی اثرات پایدارتر و بلندمدت را فراهم نکرد. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده با حجم نمونه بیشتر و در جمعیت‌های متنوع‌تر (از جمله زنان و افراد با شرایط متابولیکی خاص) انجام شوند. همچنین بررسی دوزهای مختلف یوهمبین همراه با شدت‌ها و الگوهای متفاوت تمرینی، و سنجش هم‌زمان چندین مایوکاین و شاخص‌های مولکولی، می‌تواند درک دقیق‌تری از تعامل بین ورزش و مکمل‌یاری در تنظیم متابولیسم فراهم کند.

نتایج این پژوهش نشان داد که تمرین ترکیبی همراه با مکمل یوهمبین، به‌ویژه در دوز پایین، موجب افزایش معنادار سطح سرمی LIF و بهبود شاخص‌های آمادگی جسمانی در مردان دارای اضافه‌وزن می‌شود. بنابراین می‌توان دوز پایین یوهمبین را به‌عنوان 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 حال، برای تعمیم این یافته‌ها نیاز به پژوهش‌های بلندمدت‌تر، با نمونه‌های بزرگ‌تر و همچنین اندازه‌گیری هم‌زمان چندین مایوکاین وجود دارد تا تفسیر مکانیزم‌های مولکولی با دقت بیشتری انجام گیرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از طرح با عنوان اثر یک دوره تمرین ترکیبی با مکمل یاری یوهمبین بر سطح سرمی فاکتور مهار کننده لوسمی در مردان دارای اضافه وزن می‌باشد که با حمایت مالی دانشگاه خوارزمی انجام گرفت. از همه عزیزانی که ما را در اجرای این پژوهش یاری کردند، کمال تشکر و سپاس‌گزاری را داریم.

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 ۱۹۷۵ to ۲۰۱۶: a pooled analysis of ۲۴۱۶ population-based measurement studies in ۱۲۸۰ ۹million children, adolescents, and adults. The lancet. ۲۰۱۷;۳۹۰(۱۰۱۱۳):۴۲-۲۶۲۷
2. Yumuk V, Tsigos C, Fried M, Schindler K, Busetto L, Micic D, et al. European guidelines for obesity management in adults. Obesity facts. ۲۰۱۵;۸(۶):۲۴-۴۰۲
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. ۲۰۱۶;۲۰۳-۲۲:۱
4. Methenitis S. A brief review on concurrent training: from laboratory to the field. Sports. ۲۰۱۸;۶(۴):۱۲۷

- Δ Schumann M, Yli-Peltola K, Abbiss CR, Häkkinen K. Cardiorespiratory adaptations during concurrent aerobic and strength training in men and women. *PloS one*. ۲۰۱۵;۱۰(۹):e۰۱۳۹۲۷۹
- ۶ 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*. ۲۰۱۲;۱۶۷(۱):۱۲-۱
- ۷ 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*. ۲۰۱۱;۴۳(۷):۵۹-۱۳۳۴
- ۸ 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*. ۲۰۲۵;۲۲(۱):۲۵۰۷۹۴۹
- ۹ Fyfe JJ, Bishop DJ, Zacharewicz E, Russell AP, Stepto NK. Concurrent exercise incorporating high-intensity interval or continuous training modulates mTORC ۱ signaling and microRNA expression in human skeletal muscle. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. ۲۰۱۶;۳۱۰(۱):R۱۲۹۷-R.۳۱۱
- ۱۰ Pedersen BK. Muscles and their myokines. *Journal of Experimental Biology*. ۲۰۱۱;۲۱۴(۲):۴۶-۳۳۷
- ۱۱ 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 ۲ diabetes. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. ۲۰۱۲;۳۰۳(۲):E۲۸۳-E.۹۲
- ۱۲ Guo A, Li K, Xiao Q. Sarcopenic obesity: Myokines as potential diagnostic biomarkers and therapeutic targets? *Experimental gerontology*. ۲۰۲۰;۱۳۹:۱۱۱۰۲۲
- ۱۳ Pratesi A, Tarantini F, Di Bari M. Skeletal muscle: an endocrine organ. *Clinical cases in mineral and bone metabolism*. ۲۰۱۳;۱۰(۱):۱۱
- ۱۴ Kirk B, Feehan J, Lombardi G, Duque G. Muscle, Bone, and Fat Crosstalk: the Biological Role of Myokines, Osteokines, and Adipokines. *Curr Osteoporos Rep*. ۲۰۲۰;۱۸(۴):۴۰۰-۳۸۸
- ۱۵ Huh JY. The role of exercise-induced myokines in regulating metabolism. *Archives of pharmacol research*. ۲۰۱۸;۴۱(۱):۲۹-۱۴
- ۱۶ 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*. ۲۰۲۱;۱۲:۷۰۹۸۰۷
- ۱۷ Kirk B, Feehan J, Lombardi G, Duque G. Muscle, bone, and fat crosstalk: the biological role of myokines, osteokines, and adipokines. *Current osteoporosis reports*. ۲۰۲۰;۱۸(۴):۴۰۰-۳۸۸
- ۱۸ Aryana IGPS, Hapsari AAAR, Kuswardhani RAT. Myokine regulation as marker of sarcopenia in elderly. *Molecular and Cellular Biomedical Sciences*. ۲۰۱۸;۲(۲):۴۷-۳۸
- ۱۹ 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*. ۲۰۱۱;۱۱۱(۱):۹-۲۵۱
- ۲۰ Lafontan M, Berlan M, Galitzky J, Montastruc J-L. Alpha- ۲ adrenoceptors in lipolysis: α ۲ antagonists and lipid-mobilizing strategies. *The American journal of clinical nutrition*. ۱۹۹۲;۵۵(۱):۲۱۹S-۲۷S.

- 21 Polak J, Moro C, Bessière D, Hejnova J, Marques MA, Bajzova M, et al. Acute exposure to long-chain fatty acids impairs α -adrenergic receptor-mediated antilipolysis in human adipose tissue. *Journal of lipid research*. 2007;48(46-2236):1.
- 22 Nowacka A, Śniegocka M, Śniegocki M, Ziółkowska E, Bożilow D, Smuczyński W. Multifaced nature of Yohimbine—a promising therapeutic potential or a risk? *International Journal of Molecular Sciences*. 2024;25(23):12856
- 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):6-22
- 24 Huh JY. The role of exercise-induced myokines in regulating metabolism. *Arch Pharm Res*. 2018;41(1):29-14
- 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* (1988). 2011;111(1):9-251
- 26 Leuchtmann 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
- 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*. 2004;58(6):5-491
- 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
- 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):21-115
- 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):43-329
- 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
- 32 Boutcher SH. High-intensity intermittent exercise and fat loss. *J Obes*. 2011;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
- 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
- 35 Tam SW, Worcel M, Wyllie M. Yohimbine: a clinical review. *Pharmacology & therapeutics*. 2001;91(3):43-215
- 36 Johnson W, Landry G. Nutritional supplements: fact vs. fiction. *Adolescent Medicine (Philadelphia, Pa)*. 1998;9(3):13-501, vi.

- ۳۷ 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*. ۲۰۲۳;۲۸(۵):۲۰۲۵
- ۳۸ Ostojic SM. Yohimbine: the effects on body composition and exercise performance in soccer players. *Research in Sports Medicine*. ۲۰۰۶;۱۴(۴):۹۹-۲۸۹
- ۳۹ Poulisse C, Wheeldon L, Limachya R, Mazaheri A, Segaert K. The oscillatory mechanisms associated with syntactic binding in healthy ageing. *Neuropsychologia*. ۲۰۲۰;۱۴۶:۱۰۷۵۲۳
- ۴۰ Beattie MC, Maldonado-Devincci AM, Porcu P, O'Buckley TK, Daunais JB, Grant KA, et al. Voluntary ethanol consumption reduces GABAergic neuroactive steroid (γ , Δ α)-hydroxypregnan-۲۰-one (γ , Δ α -THP) in the amygdala of the cynomolgus monkey. *Addict Biol*. ۲۰۱۷;۲۲(۲):۳۰-۳۱۸