

Research Article

The Effect of High-Intensity Combined Training and Traditional Soccer Training on Biochemical Variables and Physical Fitness in Young Soccer Players

Farzin Dehghani Habibabadi¹, Abbas Ghanbari Niaki^{1*}, Mehran Naghizadeh Ghomi²

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

2- Department of Biostatistics, Faculty of Basic Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Mazandaran, Iran

*Corresponding author: ghanbara@umz.ac.ir

Received: 23 April 2025

Accepted: 27 July 2025

DOI: 10.60833/ascij.2025.1204454

Abstract

The present study investigates the physiological and biochemical effects of traditional training (TT) and high-intensity combined training (HICT) on soccer players' performance and metabolic responses. Twenty male soccer players, each with a minimum of five years of athletic experience (mean age: 22.15 ± 1.5 years; weight: 70.10 ± 10 kg; height: 173.5 ± 5 cm) were randomly assigned to two groups (TT and HICT; $n=10$ each) and completed a six-week training protocol with five sessions per week. Blood samples were obtained 48 hours pre- and post-training to assess serum glucose, insulin, and interleukin-6 (IL-6) levels. Paired and independent t-tests were used for statistical analysis. While serum glucose levels remained unchanged across groups, insulin and IL-6 levels significantly increased in the HICT group ($p < 0.05$). Both training modalities led to marked improvements in performance indicators, including maximal power, vertical jump, and fatigue index, with HICT demonstrating superior gains ($p < 0.05$). These findings suggest that HICT elicits favorable metabolic adaptations, particularly regarding IL-6 and insulin regulation, which may contribute to enhanced athletic performance and potential cardiovascular benefits. Future research should explore the underlying mechanisms and long-term implications of HICT in soccer training methodologies.

Keywords: Combined training, Traditional training, Blood glucose, Insulin, Interleukin-6, Physical fitness, Young soccer players.

مقاله پژوهشی

اثر تمرین ترکیبی شدت بالا و تمرین سنتی فوتبال بر متغیرهای بیوشیمیایی و آمادگی جسمانی در فوتبالیست‌های جوان

فرزین دهقانی حبیب‌آبادی^۱، عباس قنبری نیاکی^{۱*}، مهران نقی‌زاده قمی^۲

۱- گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابلسر، مازندران، ایران

۲- گروه آمار زیستی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مازندران، بابلسر، مازندران، ایران

*مسئول مکاتبات: ghanbara@umz.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۰۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۰۳

DOI: 10.60833/ascij.2025.1204454

چکیده

فوتبال، به عنوان یک رشته ورزشی پرطرفدار، تحت بررسی‌های علمی مرتبط با متغیرهای عملکردی، فیزیولوژیک و سوخت و ساز قرار دارد. این پژوهش تأثیر دو شیوه تمرینی (تمرین سنتی و تمرین ترکیبی با شدت بالا) بر متغیرهای بیوشیمیایی خون و شاخص‌های متابولیسم گلیکوژن و التهاب، به‌ویژه اینترلوکین-۶ را بررسی کرده است. در این مطالعه، ۲۰ مرد فوتبالیست با حداقل میانگین ۵ سال سابقه ورزشی و با میانگین سنی ۲۲/۱۵ سال، وزن ۷۰/۱۰ کیلوگرم و قد ۱۷۳/۵ سانتیمتر به‌طور تصادفی به دو گروه ۱۰ نفره تقسیم شدند: یک گروه تمرین سنتی و یک گروه تمرین ترکیبی با شدت بالا. آزمودنی‌ها به مدت ۶ هفته و هر هفته ۵ جلسه تمرین کردند. نمونه‌های خونی از آن‌ها ۴۸ ساعت قبل و پس از آخرین جلسه تمرینی برای اندازه‌گیری متغیرهای بیوشیمیایی شامل گلوکز، انسولین و اینترلوکین-۶ گرفته شد. برای تحلیل داده‌ها، از آزمون T وابسته برای مقایسه پیش‌آزمون و پس‌آزمون و از آزمون T مستقل برای مقایسه بین گروه‌ها استفاده شد. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری در سطح گلوکز سرمی بین دو شیوه تمرینی وجود ندارد، اما انسولین و اینترلوکین-۶ تنها در گروه تمرین ترکیبی افزایش معنی‌داری داشتند. همچنین، متغیرهای عملکردی در هر دو گروه بهبود قابل ملاحظه‌ای داشت، به‌ویژه در توان بیشینه، توان عمودی و شاخص خستگی، که تفاوت‌های معنی‌داری میان دو شیوه تمرینی مشاهده شد. این پژوهش، نخستین مطالعه‌ای است که آزمون‌های مرسوم فوتبال را به عنوان پروتکل تمرینی به کار برده است. نتایج نشان می‌دهد که تمرین ترکیبی با شدت بالا نسبت به روش‌های سنتی برتری دارد. این برتری به افزایش اینترلوکین-۶ و انسولین سرمی در گروه تمرین شدت بالا مربوط می‌شود. بنابراین، این شیوه تمرینی احتمالاً نه تنها عملکرد ورزشی را بهبود می‌بخشد، بلکه تأثیرات محافظتی بر روی دستگاه قلبی-عروقی نیز دارد. برای روشن شدن این سازوکار به مطالعات بیشتری نیاز است.

کلمات کلیدی: تمرین ترکیبی، تمرین سنتی، قند خون، انسولین، اینترلوکین ۶، آمادگی جسمانی، فوتبالیست‌های جوان.

مقدمه

آمادگی جسمانی می‌تواند توانایی‌های بازیکنان را بهبود بخشد و عملکرد آن‌ها را در مسابقات ارتقا دهد. از این رو، طراحی برنامه‌های تمرینی متناسب با نیازهای هر

فوتبال یکی از محبوب‌ترین ورزش‌های جهان است که موفقیت در آن، علاوه بر مهارت‌های فنی و تاکتیکی، به آمادگی جسمانی بالا وابسته است. تمرینات مناسب

بازیکن اهمیت زیادی دارد (۱). در سال‌های اخیر، تمرینات ترکیبی (Combined exercise) و تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT) به عنوان روش‌هایی مؤثر برای بهبود عملکرد ورزشی و ظرفیت جسمانی مورد توجه قرار گرفته‌اند. تمرینات ترکیبی، با ادغام فعالیت‌های قدرتی، هوازی و پلايومتریک، علاوه بر ارتقای عملکرد و سلامت کلی، خطر آسیب‌دیدگی را نیز کاهش می‌دهند (۲، ۳). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که این تمرینات می‌توانند قدرت، سرعت و توان انفجاری را به طور معناداری افزایش دهند و نسبت به تمرینات سنتی، نتایج کلی بهتری در عملکرد ورزشی فراهم کنند. تمرینات HIIT نیز با دوره‌های کوتاه و شدید فعالیت و استراحت، ظرفیت هوازی و بی‌هوازی، چابکی و توان دویدن مکرر را تقویت می‌کنند و بر عوامل بیوشیمیایی مانند انسولین و اینترلوکین-۶ (IL-6) تأثیر می‌گذارند (۴، ۵). IL-6 یک سایتوکاین کلیدی در واکنش‌های التهابی و سازگاری بدن به تمرین شدید است. همچنین، قند خون و انسولین نقش مهمی در متابولیسم انرژی و عملکرد ورزشی دارند. تمرینات منظم، حساسیت به انسولین را افزایش داده و متابولیسم انرژی را بهبود می‌بخشند. نتایج مطالعه‌ای روی پاسخ‌های التهابی و متابولیکی به تمرینات تناوبی با شدت بالا نشان داد که این تمرینات سطح IL-6 را افزایش می‌دهند که نشان‌دهنده واکنش التهابی و متابولیکی به فعالیت بدنی است. همچنین، گلوکز و انسولین در پاسخ به شدت تمرین تغییرات قابل‌توجهی نشان دادند که حاکی از بهبود مدیریت قند خون و حساسیت به انسولین است (۶-۸). استقامت در سرعت به توانایی حفظ سرعت بالا در مدت زمان طولانی اشاره دارد که در فوتبال برای تغییر سریع موقعیت‌ها و دویدن‌های مکرر ضروری است. تمرینات استقامتی و قدرتی، به‌ویژه پلايومتریک، می‌توانند این توانایی را بهبود بخشیده و قدرت و چابکی را افزایش دهند (۹). چابکی، یعنی توانایی تغییر

سریع جهت و سرعت حین حرکت، که برای بازیکنان فوتبال بسیار مهم است، زیرا آن‌ها باید به تغییرات موقعیت توپ و حریف به‌سرعت واکنش نشان دهند. تمرینات خاص چابکی، مانند تمرین با موانع و تغییر جهت، این مهارت را تقویت می‌کنند. بازیکنانی که در تست‌های چابکی موفق‌ترند، معمولاً در زمین بازی نیز عملکرد بهتری دارند (۱۰). تمرینات پلايومتریک شامل حرکات سریع و انفجاری مثل پرش و جهش است که برای افزایش قدرت، سرعت و کارایی عضلات طراحی شده‌اند. این تمرینات با کشش و انقباض سریع عضلات، انرژی را ذخیره و آزاد می‌کنند تا بازیکنان بتوانند حرکاتی مانند پرش، دویدن و تغییر جهت را با توان بیشتری انجام دهند (۱۱). تمرینات پلايومتریک به‌طور خاص پرش عمودی و سرعت تغییر جهت را بهبود می‌بخشند، در حالی که تمرینات قدرتی بیشترین اثر را بر سرعت دویدن خطی داشتند (۱۲). استقامت قلبی-عروقی، توانایی بدن در تأمین اکسیژن و مواد مغذی به عضلات طی فعالیت بدنی است که در فوتبال برای حفظ انرژی و کارایی در طول بازی حیاتی است. تمرینات هوازی و استقامتی این عامل را تقویت کرده و توانایی بازیکنان را برای دویدن‌های طولانی و مکرر افزایش می‌دهند. بازیکنانی با استقامت قلبی-عروقی بالا کمتر خسته شده و در دقایق پایانی بازی نیز عملکرد خوبی دارند (۱۳). تمرینات دایره‌ای شامل مجموعه‌ای از فعالیت‌های متنوع است که به‌صورت متوالی در ایستگاه‌های مختلف انجام می‌شوند. این تمرینات معمولاً ترکیبی از فعالیت‌های قدرتی، استقامتی و بی‌هوازی هستند و با حداقل استراحت بین ایستگاه‌ها اجرا می‌شوند. هر ایستگاه بر گروه عضلانی خاص یا جنبه‌ای از آمادگی جسمانی تمرکز دارد و معمولاً ۲۰ تا ۶۰ ثانیه طول می‌کشد. این روش به‌دلیل نیازهای جسمانی فوتبال، برای بازیکنان این ورزش بسیار مؤثر است و قدرت، استقامت، توان بی‌هوازی و چابکی را

بهبود می‌بخشد تا عملکرد بهتری در مسابقات داشته باشند (۱۶-۱۴). یک برنامه هشت‌هفته‌ای تمرینات دایره‌ای به‌طور معناداری قدرت عضلانی، استقامت عضلانی و قلبی-عروقی، چابکی و سرعت را بهبود بخشیده که همگی بر عملکرد بازیکنان فوتبال مرد بالغ تأثیر مستقیم دارند (۱۴). تمرینات سنتی آمادگی جسمانی فوتبال به فعالیت‌هایی گفته می‌شود که با هدف بهبود فاکتورهای پایه‌ای آمادگی جسمانی بازیکنان طراحی شده‌اند و بر تقویت استقامت، قدرت و سرعت تمرکز دارند. این تمرینات شامل دویدن‌های طولانی و فعالیت‌های هوازی برای تقویت ظرفیت قلبی-عروقی، تمرینات وزنه‌برداری و حرکات قدرتی برای استحکام عضلات، و تمرینات تکنیکی مانند پاس دادن، شوت کردن و دریبل زدن است. با این حال، این تمرینات اغلب به صورت مستقل و بدون ادغام مؤلفه‌های فنی، تاکتیکی و روانی انجام می‌شوند و به دلیل حرکات تکراری و عدم تنوع، ممکن است انگیزه بازیکنان را کاهش دهند. اگرچه در مقایسه با روش‌های مدرن و ترکیبی محدودتر هستند، اما همچنان بخش مهمی از آماده‌سازی بازیکنان فوتبال محسوب می‌شوند و می‌توانند پایه‌ای برای توسعه روش‌های پیشرفته‌تر باشند (۱۷، ۱۸). با توجه به اهمیت جنبه‌های فیزیکی و بیوشیمیایی تمرینات در بهبود عملکرد، نتایج این پژوهش می‌تواند به مربیان و متخصصان در طراحی برنامه‌های تمرینی مؤثرتر کمک کند. هدف نهایی این پژوهش، ارائه شواهد علمی معتبر برای توسعه روش‌های تمرینی و ارتقای عملکرد در فوتبال است و زمینه را برای تحقیقات آینده فراهم می‌کند.

مواد و روش‌ها

جامعه آماری: در این پژوهش، ۲۰ فوتبالیست مرد از باشگاه‌های شهرستان اصفهان با میانگین سنی حدود ۲۲ سال، وزن ۷۰ کیلوگرم، قد ۱۷۳ سانتی‌متر، شاخص

توده بدنی ۲۲ و درصد چربی ۱۳ تا ۱۶ انتخاب شدند. این افراد حداقل ۵ سال سابقه ورزشی داشتند و دست‌کم سه روز در هفته تمرین می‌کردند. آن‌ها بر اساس معیارهایی مانند عدم مصرف دارو و مکمل در یک سال گذشته و نداشتن بیماری‌های خونی یا شرایط آلرژیک وارد مطالعه شدند و به‌طور تصادفی به دو گروه ۱۰ نفره تقسیم شدند: گروه تمرین سنتی و گروه تمرین ترکیبی شدت بالا. پژوهش به صورت نیمه‌تجربی و کاربردی انجام شد و شامل یک برنامه تمرینشش هفته‌ای بود. در این مدت، تمرینات مقاومتی و سالن وزنه دو جلسه در هفته و تمرینات آمادگی جسمانی در زمین چمن چهار جلسه در هفته برگزار شد. تمامی شرکت‌کنندگان در طول پژوهش از مصرف مکمل‌های غذایی منع شده بودند. دو روز قبل از شروع و دو روز پس از پایان دوره تمرینی، نمونه‌های خونی پس از ۸ ساعت ناشتایی شبانه از ورید بازویی گرفته شد تا متغیرهای بیوشیمیایی مانند گلوکز، انسولین و اینترلوکین-۶ اندازه‌گیری شود. همچنین، سه روز قبل و بعد از دوره تمرینی، آزمون‌های عملکردی شامل پرش سارجنت (Sargent Jump Test) (برای توان عمودی) و آزمون رست (RAST) (برای توان بی‌هوازی) انجام شد. توان بی‌هوازی با فرمول‌هایی زیر بر اساس زمان، مسافت و وزن محاسبه گردید:

فرمول ۱: $\text{زمان}^3 (\text{ثانیه}) \div \text{مسافت}^2 (\text{متر}) \times \text{وزن} (\text{کیلوگرم}) =$ توان

فرمول ۲: توان بیشینه (Maximum Power): حداکثر توان بین ۶ تکرار

فرمول ۳: توان کمینه (Mininum Power): حداقل توان بین ۶ تکرار

فرمول ۴: توان متوسط (Average Power): مجموع توان

۶ تکرار تقسیم بر ۶

فرمول ۵: شاخص خستگی (Fitgue index): حاکثر توان منهای حداقل توان.

پروتکل تمرینی: برنامه تمرینی این پژوهش به مدت ۶ هفته اجرا شد و شرکت‌کنندگان که حداقل یک سال از مصرف مکمل غذایی خودداری کرده بودند، موظف شدند در این دوره نیز هیچ مکملی استفاده نکنند. تمرینات شامل دو جلسه هفتگی مقاومتی در سالن وزنه و چهار جلسه آمادگی جسمانی در زمین چمن بود.

تمرین سنتی: این برنامه هر هفته ۵ جلسه و هر جلسه ۷۵ دقیقه طول کشید و شامل سه بخش بود: ۱۵ دقیقه گرم کردن، ۶۰ دقیقه تمرینات سنتی فوتبال در زمین چمن باز، و ۱۵ دقیقه سرد کردن.

تمرین شدت بالا-ترکیبی: این برنامه در ۴ جلسه هفتگی و هر جلسه ۷۵ دقیقه اجرا شد و شامل دو بخش اصلی بود: دوهای تناوبی سریع و نیمه‌استقامتی. در جلسه اول هر هفته، تمرین با ۶ نوبت دویدن سریع ۳۵ متری (با استراحت ۲ دقیقه‌ای)، ۱۰ ثانیه جهش مخروطی و ۲ نوبت ۸۰۰ متر شروع شد و تا هفته ششم به ۱۴ نوبت ۳۵ متر و ۲ نوبت ۸۰۰ متر آغاز شد و در هفته ششم به ۱۴ نوبت ۹ متر و ۲ نوبت ۱۸۰۰ متر افزایش یافت. جلسه سوم از ۶ نوبت دویدن ۴۵ متری و ۲ نوبت ۸۰۰ متر شروع شد و در هفته ششم به ۱۴ نوبت ۴۵ متر و ۲ نوبت ۱۸۰۰ متر رسید. جلسه چهارم شامل ۲ نوبت دویدن ۳۵ متری (۶ تکرار)، ۲ نوبت دویدن ۹ متری (۴ تکرار) با پرش‌های ۲×۷ مخروطی، ۴ نوبت دویدن ۴۵ متری (۴ تکرار) با پرش عمقی ۲×۷ و یک دو ۱۲۰۰ متری بود که تا هفته ششم به ۷ نوبت برای هر بخش و پایان با ۲ نوبت ۱۸۰۰ متر ارتقا یافت.

ب. پروتکل تمرین مقاومتی دایره‌ای: برنامه تمرین مقاومتی دایره‌ای شامل ۲۰ حرکت بود: بارفیکس، اسکوات هالتر، پرس سینه هالتر، جلو ران دستگاه، ددلیفت رومانیایی، شنا سوئدی، ددلیفت هالتر، جلو بازو هالتر، دیپ بین دو نیمکت، هالتر خم، پارویی، پرس

سرشانه هالتر ایستاده، نشر جانب دمبل، نشر خم دمبل، لانگز دمبل راه‌رفتنی، شکم پرتابی خوابیده، سلام ژاپنی، درازنشست، فیله کمر دستگاه و پلانک. از هفته اول تا چهارم، هر جلسه شامل ۳ نوبت بود که در هر نوبت، ۲۰ ایستگاه بدون استراحت و پشت سر هم انجام می‌شد؛ استراحت بین نوبت‌ها ۱۰ دقیقه بود. زمان هر ایستگاه در هفته اول ۱۵ ثانیه، در هفته‌های دوم و سوم ۳۰ ثانیه، و در هفته چهارم ۴۵ ثانیه تعیین شد. در هفته پنجم، تمرینات مشابه هفته چهارم بود، اما تعداد نوبت‌ها به ۴ رسید. در هفته ششم نیز مانند هفته پنجم اجرا شد، با این تفاوت که زمان هر ایستگاه به ۶۰ ثانیه افزایش یافت. به طور کلی، این برنامه ۶ هفته‌ای به این صورت پیش رفت: در هفته اول، ۳ نوبت با مجموع ۳۰۰ ثانیه اجرا و ۱۵ دقیقه کل زمان حرکت؛ در هفته‌های دوم و سوم، ۳ نوبت با ۶۰۰ ثانیه اجرا و ۳۰ دقیقه کل زمان؛ در هفته چهارم، ۳ نوبت با ۹۰۰ ثانیه و ۴۵ دقیقه کل زمان؛ در هفته پنجم، ۴ نوبت با ۹۰۰ ثانیه و ۶۰ دقیقه کل زمان؛ و در هفته ششم، ۴ نوبت با ۱۲۰۰ ثانیه و ۸۰ دقیقه کل زمان، که هر بار با ۱۰ دقیقه استراحت بین نوبت‌ها همراه بود.

نمونه‌گیری خونی و متغیرهای بیوشیمیایی منتخب خونی: نمونه‌گیری خونی ۴۸ ساعت پیش از آغاز اولین جلسه تمرین (به‌عنوان زمان قبل از تمرین) و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه (به‌عنوان زمان پس از تمرین) از ورید بازویی انجام شد، درحالی‌که افراد در حالت استراحت کامل بودند. این نمونه‌ها برای تهیه سرم و اندازه‌گیری متغیرهای بیوشیمیایی جمع‌آوری شدند و شرکت‌کنندگان پیش از خون‌گیری حدود ۱۲ ساعت ناشتا بودند. در مطالعه حاضر، گلوکز سرم با استفاده از روش آنزیمی گلوکز اکسیداز و کیت با حساسیت بالا، مدل دلتا درمان، ساخت ایران تجاری (با مشخصات کامل کیت) سنجیده شد، همچنین انسولین به روش الایزا و با استفاده از کیت با حساسیت بالا، مدل مدل

Monobind ساخت کشور آمریکا و اینترلوکین-۶ نیز به روش الایزا و با استفاده از کیت با حساسیت بالا، مدل LDN ساخت کشور آلمان اندازه‌گیری گردید.

روش آماری: برای دسته‌بندی و تعیین شاخص‌های پراکندگی از آمار توصیفی استفاده شد. آزمون کلموگروف-اسمیرنوف برای توزیع طبیعی داده‌های این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت. برای نرمال بود از آزمون شاپیروویلک و آزمون لون استفاده شد. برای سنجش میزان تغییرات در پیش‌آزمون با پس‌آزمون در هر گروه، آزمون T وابسته و جهت مقایسه بین گروه‌ها، آزمون T مستقل به کار برده شد. همه داده‌ها به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار بیان شدند. کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۷ و در سطح معناداری $p < 0/05$ انجام شد.

نتایج

با استفاده از آمار توصیفی، ویژگی‌های آنروپومتری و فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها، شامل اطلاعات مربوط به سن (سال)، وزن (کیلوگرم)، قد (سانتی متر)، به صورت میانگین و انحراف استاندارد در جدول ۲ آمده است. نتایج مربوط به توان بیشینه (شکل ۱) نشان می‌دهد که میانگین توان بیشینه در گروه تمرین سنتی از $58/97 \pm 494/25$ به $56/03 \pm 538/22$ و در گروه ترکیبی شدت بالا از $508/77 \pm 117/28$ به $122/24 \pm 613/67$ افزایش یافته است و تفاوت‌های معناداری بین دو گروه تمرین سنتی و تمرین ترکیبی شدت بالا مشاهده شده است ($F = 5/313$ و $p = 0/033$)، که بیانگر این است که تمرین ترکیبی شدت بالا تأثیر بیشتری بر افزایش توان بیشینه نسبت به تمرین سنتی داشته است. تحلیل بیشتر داده‌ها نشان داد که تفاوت بین زمان پس از تمرین با قبل از تمرین در هر دو گروه تمرین شدت بالا ($p < 0/001$) و گروه تمرین سنتی ($p < 0/002$) بالاتر و معنی‌دار بوده است. لازم به ذکر است که این تغییرات

افزایشی در گروه شدت بالا به مراتب بیشتر از گروه تمرین سنتی بوده است. نتایج تحلیل توان کمینه (شکل ۳۲) حاکی از آن است که میانگین توان کمینه در گروه تمرین سنتی از $29/10 \pm 308/14$ به $24/10 \pm 330/75$ و در گروه ترکیبی شدت بالا از $52/85 \pm 295/53$ به $50/58 \pm 334/36$ افزایش یافته است و تفاوت‌های معناداری بین دو گروه تمرین سنتی و تمرین ترکیبی شدت بالا مشاهده شده است ($F = 4/394$ و $p = 0/05$)، که بیانگر این است که تمرین ترکیبی شدت بالا تأثیر بیشتری بر افزایش توان کمینه نسبت به تمرین سنتی داشته است. تحلیل بیشتر داده‌ها نشان داد که تفاوت بین زمان پس از تمرین با قبل از تمرین در گروه تمرین شدت بالا، بالاتر و معنی‌دار بوده است ($p < 0/001$)، ولی در گروه تمرین سنتی تفاوت بین زمان پس از تمرین با قبل از تمرین معنی‌دار نبوده است ($p = 0/41$). یافته‌های توان متوسط (شکل ۳) نشان می‌دهد که میانگین توان بیشینه در گروه تمرین سنتی از $38/24 \pm 398/80$ به $43/97 \pm 440/30$ و در گروه ترکیبی شدت بالا از $75/92 \pm 404/61$ به $77/83 \pm 60/28$ افزایش یافته است، که بیانگر این است که تمرین ترکیبی شدت بالا تأثیر بیشتری بر افزایش توان متوسط نسبت به تمرین سنتی داشته است، اما تفاوت بین دو گروه معنادار نبوده است ($F = 2/111$ و $p = 0/163$). تحلیل بیشتر داده‌ها نشان داد که تفاوت بین زمان پس از تمرین با قبل از تمرین در هر دو گروه تمرین شدت بالا ($p < 0/001$) و گروه تمرین سنتی ($p < 0/03$) بالاتر و معنی‌دار بوده است. نتایج شاخص خستگی اندازه‌گیری شده (شکل ۴) نشان می‌دهد که میانگین شاخص خستگی در گروه تمرین سنتی از $1/72 \pm 5/15$ به $1/50 \pm 5/94$ و در گروه ترکیبی شدت بالا از $2/15 \pm 5/92$ به $2/45 \pm 8/15$ افزایش یافته است و تمرین ترکیبی شدت بالا تأثیر بیشتری بر بهبود شاخص خستگی نسبت به تمرین سنتی داشته است. ولی تفاوت

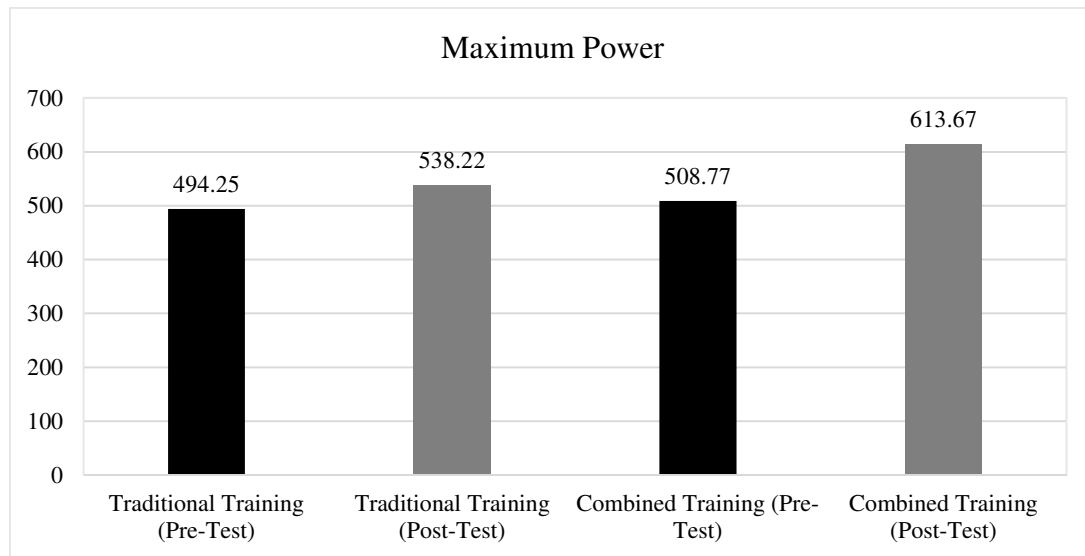
و $p = 0/008$ ، که بیانگر این است که تمرین ترکیبی شدت بالا تأثیر بیشتری بر افزایش سطح انسولین نسبت به تمرین سنتی داشته است. تحلیل بیشتر داده‌ها نشان داد که تفاوت بین زمان پس از تمرین با قبل از تمرین در گروه تمرین ترکیبی شدت بالا ($p < 0/001$) بالاتر و معنی‌دار بوده است اما در گروه تمرین سنتی تفاوت بین زمان پس از تمرین با قبل از تمرین ($p < 0/186$) معنی‌دار نبوده است. تحلیل نتایج گلوکز (شکل ۷) نشان می‌دهد که بین گروه‌های آزمودنی یا دو شیوه تمرین تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($F = 0/284$ و $p = 0/6$). علاوه بر این تفاوت معنی‌داری هم بین نقاط اندازه‌گیری گلوکز سرمی (قبل و بعد) در هیچ یک از گروه‌های تمرین سنتی ($p < 0/565$) و تمرین ترکیبی ($p < 0/95$) نیز مشاهده نشد. نتایج مربوط به اینترلوکین-۶ (شکل ۸) نشان می‌دهد که بین دو گروه از آزمودنی با شیوه تمرین تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($F = 0/395$ و $p = 0/538$)، در حالی که تفاوت معنی‌داری بین مقادیر قبل و بعد در بین گروه‌ها مشاهده شده است. بررسی‌های بیشتر پس از جدا سازی داده‌های گروهی نشان داده شد که مقدار اینتر لوکین-۶ بعد از تمرین نسبت به قبل از تمرین در گروه تمرین ترکیبی بالاتر و معنی‌دار ($p < 0/022$) بوده است در حالی که تغییر مقدار اینترلوکین-۶ قبل و بعد در گروه تمرین سنتی معنی‌دار نبوده است ($p < 0/437$).

بین دو گروه معنادار نبوده است ($F = 1/541$ و $p = 0/230$). تحلیل بیشتر داده‌ها نشان داد که تفاوت بین زمان پس از تمرین با قبل از تمرین در گروه تمرین شدت بالا بالاتر و معنی‌دار بوده است ($p < 0/006$)، ولی در تمرین سنتی تفاوت بین زمان پس از تمرین و قبل از تمرین معنی‌دار نبوده است ($p < 0/14$). نتایج توان عمودی (شکل ۵) نشان می‌دهد که میانگین توان عمودی در گروه تمرین سنتی از $44/85 \pm 3/75$ به $45/80 \pm 3/61$ و در گروه ترکیبی شدت بالا از $41/40 \pm 1/78$ به $42/75 \pm 1/78$ افزایش یافته است و تفاوت‌های معناداری بین دو گروه تمرین سنتی و تمرین ترکیبی شدت بالا مشاهده شده است ($F = 9/916$ و $p = 0/006$) که بیانگر این است که تمرین ترکیبی شدت بالا تأثیر بیشتری بر بهبود توان عمودی نسبت به تمرین سنتی داشته است. تحلیل بیشتر داده‌ها نشان داد که تفاوت بین زمان پس از تمرین با قبل از تمرین در هر دو گروه تمرین شدت بالا ($p < 0/001$) و گروه تمرین سنتی ($p < 0/001$) بالاتر و معنی‌دار بوده است. تحلیل نتایج انسولین (شکل ۶) نشان می‌دهد که میانگین سطوح انسولین در گروه تمرین سنتی از $3/43 \pm 0/98$ به $5/38 \pm 4/5$ و در گروه ترکیبی شدت بالا از $12/24 \pm 3/07$ به $12/24 \pm 3/07$ افزایش یافته است و تفاوت‌های معناداری بین دو گروه تمرین سنتی و تمرین ترکیبی شدت بالا مشاهده شده است ($F = 8/97$).

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها در دو گروه تمرین سنتی تمرین ترکیبی مدرن (انحراف استاندارد $\pm$ میانگین)

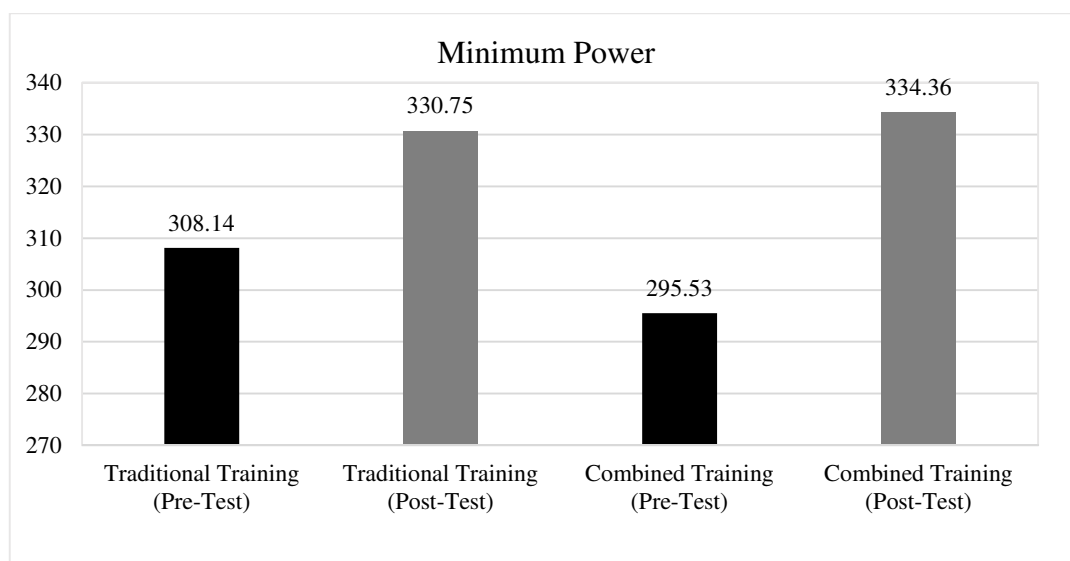
Table 1. Selected anthropometric characteristics of participants in the traditional training and combined training groups (Mean $\pm$ SD)

Group	Traditional Training	Combined Training
Age (years)	22.50 $\pm$ 3.20	21.80 $\pm$ 3.00
Weight (kg)	69.95 $\pm$ 10.50	70.25 $\pm$ 9.80
Height (cm)	172 $\pm$ 6	175 $\pm$ 5
BMI (kg/m ²)	22.6 $\pm$ 3.1	22.8 $\pm$ 3.0



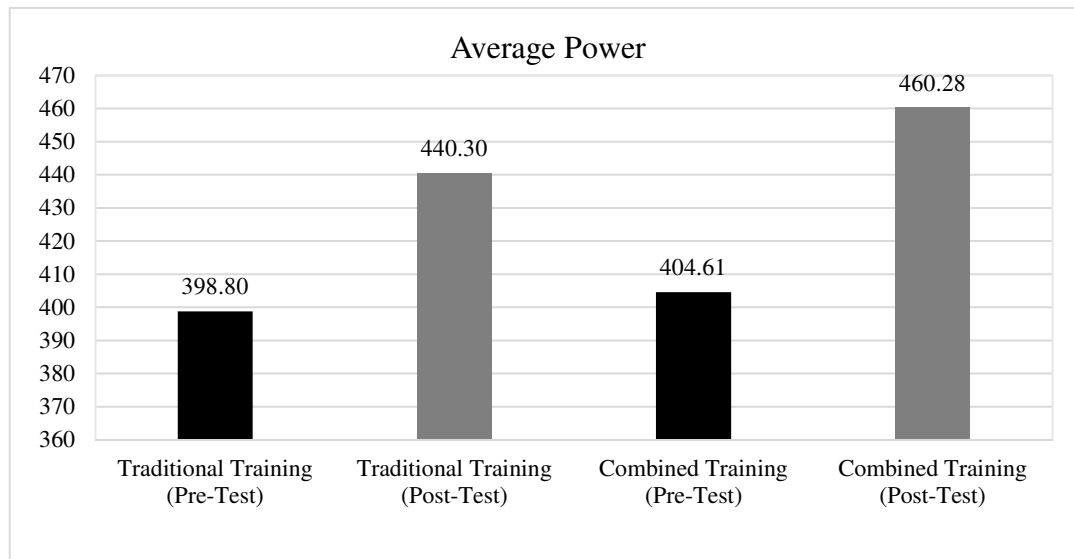
شکل ۱- میزان توان بیشینه (وات) دو گروه تمرین سنتی و تمرین ترکیبی شدت بالا در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

Fig. 1. Maximum power (W) of two groups: Traditional training and high-intensity combined training in pre-test and post-test



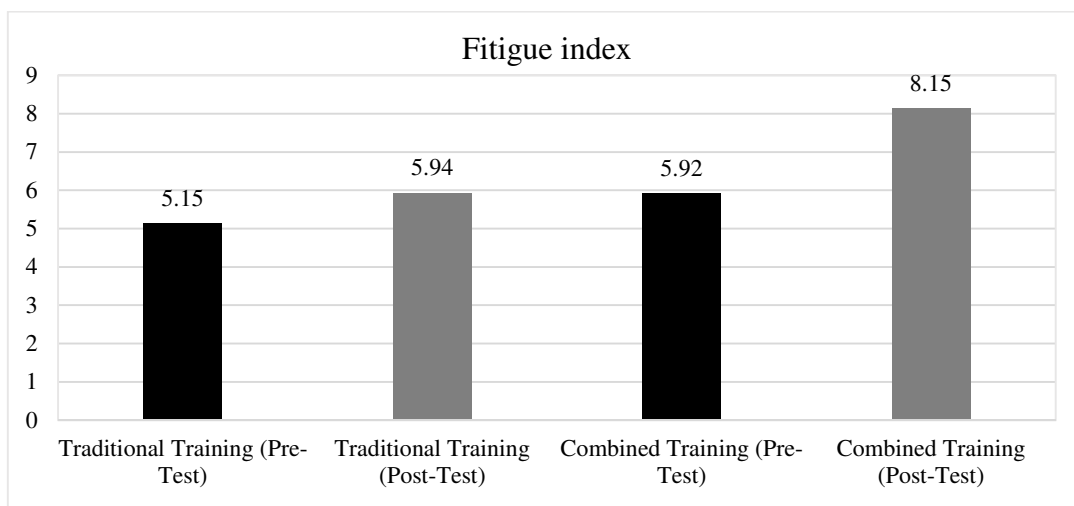
شکل ۲- میزان توان کمینه (وات) دو گروه تمرین سنتی و تمرین ترکیبی شدت بالا در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

Fig. 2. Minimum power (W) of two groups: Traditional training and high-intensity combined training in pre-test and post-test



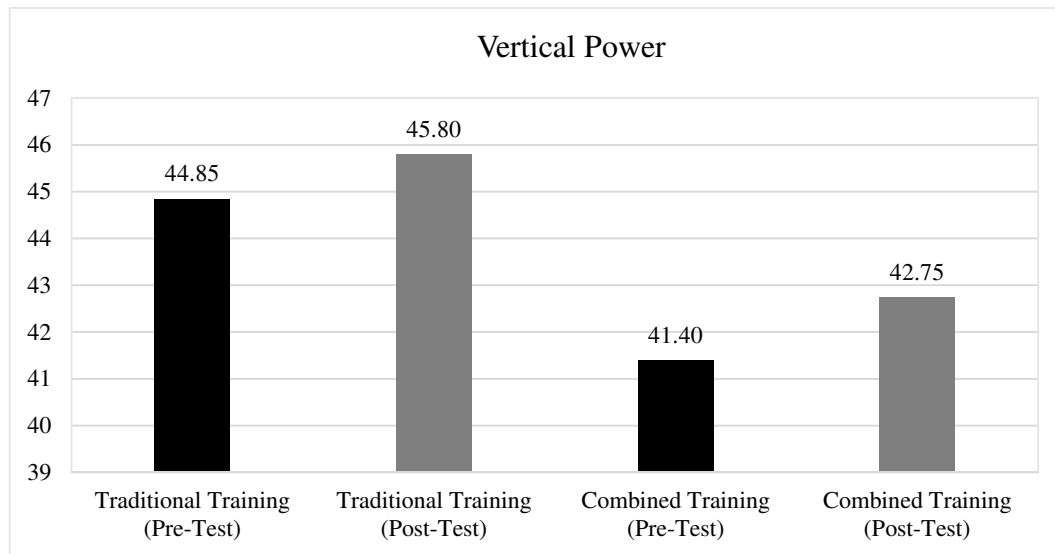
شکل ۳- میزان توان متوسط (وات) دو گروه تمرین سنتی و تمرین ترکیبی شدت بالا در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

Fig. 3. Average power (W) of two groups: Traditional training and high-intensity combined training in pre-test and post-test



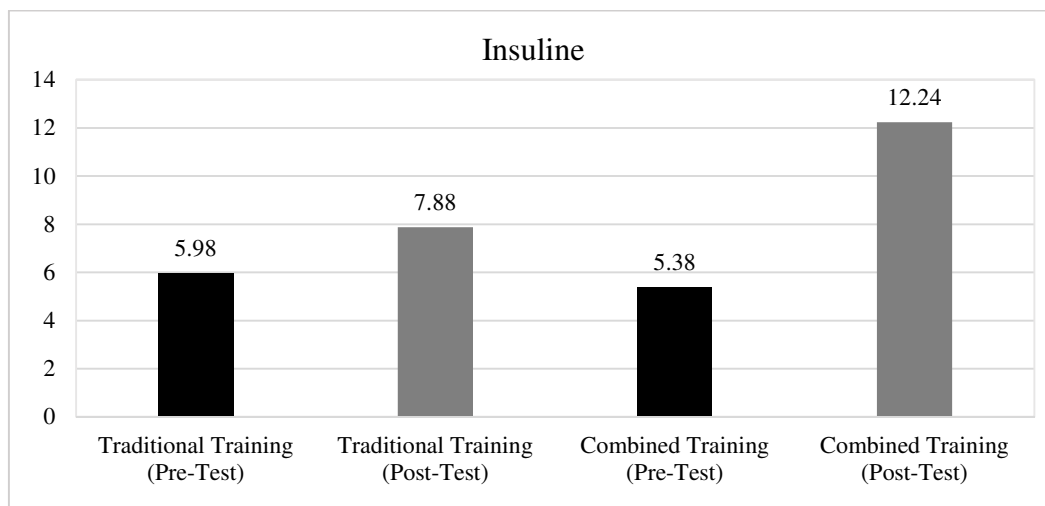
شکل ۴- میزان شاخص خستگی (وات بر ثانیه) دو گروه تمرین سنتی و تمرین ترکیبی شدت بالا در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

Fig. 4. Fatigue index (w.sec-1) of two groups: Traditional training and high-intensity combined training in pre-test and post-test



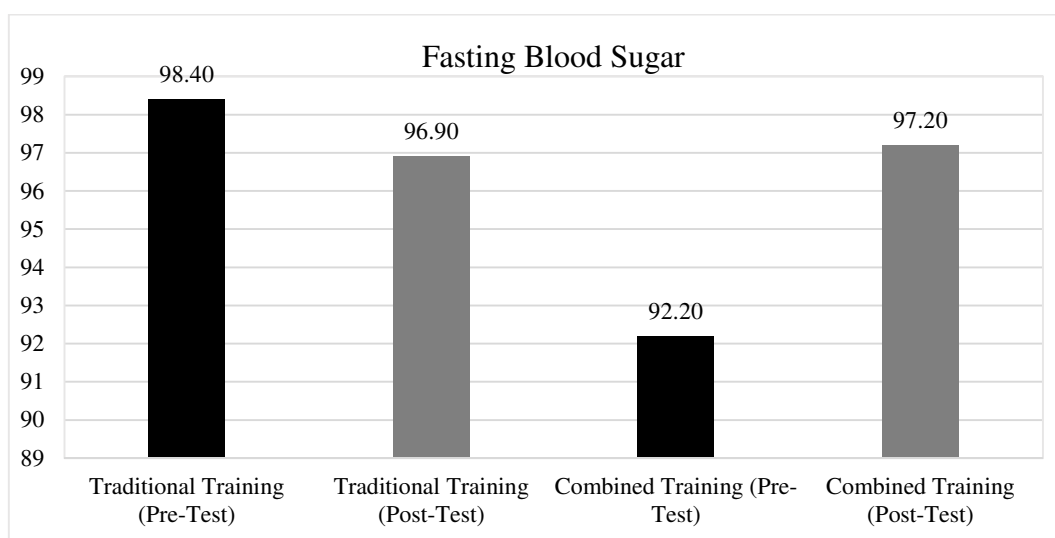
شکل ۵- میزان توان عمودی (سانتی‌متر) دو گروه تمرین سنتی و تمرین ترکیبی شدت بالا در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

Fig. 5. Vertical power (cm) of two groups: Traditional training and high-intensity combined training in pre-test and post-test



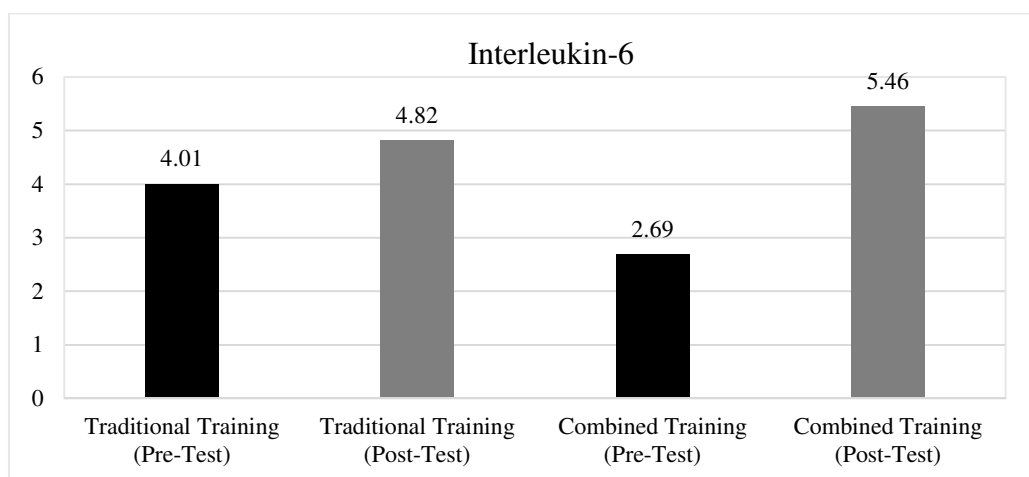
شکل ۶- سطوح انسولین (میکرویونیت در میلی‌لیتر) دو گروه تمرین سنتی و تمرین ترکیبی شدت بالا در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

Fig. 6. Insulin levels (UIU/ ml) of two groups: Traditional training and high-intensity combined training in pre-test and post-test



شکل ۷- سطوح قند خون (میلی‌گرم/دسی‌لیتر) دو گروه تمرین سنتی و تمرین ترکیبی شدت بالا در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

Fig. 7. Blood glucose levels (mg/dL) of two groups: Traditional training and high-intensity combined training in pre-test and post-test



شکل ۸- سطوح اینترلوکین-۶ (پیکوگرم/میلی‌لیتر) دو گروه تمرین سنتی و تمرین ترکیبی شدت بالا در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

Fig. 8. Interleukin-6 levels (Pg/mL) of two groups: Traditional training and high-intensity combined training in pre-test and post-test

بحث

تمرینات ترکیبی با شدت بالا به عنوان روش‌های مؤثر برای بهبود فاکتورهای آمادگی جسمانی همچون قدرت، استقامت و چابکی در بازیکنان فوتبال شناخته می‌شوند. این نوع تمرینات با تحریک عضلات و ارتقاء کارایی سیستم قلبی-عروقی، به ورزشکاران کمک می‌کند تا توانایی‌های خود را در شرایط پرفشار به نحو مطلوب‌تری افزایش دهند. در عین حال، چه تمرینات ترکیبی چه تمرینات با شدت بالا ممکن است تأثیراتی بر متغیرهای بیوشیمیایی از جمله انسولین، قند خون و اینترلوکین-۶ (IL-6) داشته باشند. به‌خصوص، IL-6 به‌عنوان یک نشانگر التهابی ممکن است در واکنش به تمرینات شدید افزایش یابد، اما در برخی موارد، بدن به سرعت به این وضعیت عادت کرده و از تولید بیشتر آن جلوگیری می‌کند. همچنین، در بسیاری از موارد

تمرینات ترکیبی با شدت بالا به عنوان روش‌های مؤثر برای بهبود فاکتورهای آمادگی جسمانی همچون قدرت، استقامت و چابکی در بازیکنان فوتبال شناخته می‌شوند. این نوع تمرینات با تحریک عضلات و ارتقاء کارایی سیستم قلبی-عروقی، به ورزشکاران کمک می‌کند تا توانایی‌های خود را در شرایط پرفشار به نحو مطلوب‌تری افزایش دهند. در عین حال، چه تمرینات ترکیبی چه تمرینات با شدت بالا ممکن است تأثیراتی بر متغیرهای بیوشیمیایی از جمله انسولین، قند خون و اینترلوکین-۶ (IL-6) داشته باشند. به‌خصوص، IL-6 به‌عنوان یک نشانگر التهابی ممکن است در واکنش به تمرینات شدید افزایش یابد، اما در برخی موارد، بدن به سرعت به این وضعیت عادت کرده و از تولید بیشتر آن جلوگیری می‌کند. همچنین، در بسیاری از موارد

مشاهده شده است که این تمرینات به بهبود حساسیت به انسولین و کنترل قند خون کمک می‌کند، به‌ویژه در افرادی که رژیم غذایی مناسبی دارند. با این حال، نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که در برخی موارد، متغیرهای بیوشیمیایی ممکن است تغییرات معناداری را نشان ندهند، که می‌تواند به تأثیرات تغذیه، عادات‌های تمرینی قبلی، و نیز قابلیت‌های سازگارانه بدن نسبت داده شود. در مجموع، تمرینات ترکیبی و با شدت بالا نه تنها به بهبود فاکتورهای آمادگی جسمانی کمک می‌کنند، بلکه ممکن است تأثیراتی بر سطوح بیوشیمیایی مرتبط با متابولیسم و وضعیت التهابی نیز داشته باشند، هرچند این تأثیرات همیشه معنادار نیستند. هدف پژوهش حاضر نیز مقایسه اثر تمرین ترکیبی شدت بالا و تمرین سنتی فوتبال بر متغیرهای بیوشیمیایی خون، انسولین، ایتنرلوکین-۶ در مردان جوان فوتبالیست بود. نتایج نشان داد که هر دو نوع تمرین سنتی و ترکیبی شدت بالا باعث افزایش معناداری در توان بیشینه، توان متوسط و توان عمودی می‌شوند اما توان کمینه، شاخص خستگی، هورمون انسولین و مایوکاین ایتنرلوکین-۶ فقط در گروه تمرین ترکیبی شدت بالا به طور معنادار افزایش یافت. همچنین تفاوت معناداری میان دو گروه در توان بیشینه، توان عمودی و هورمون انسولین بعد از انجام پروتکل تمرینی وجود داشت. درواقع تمرینات سنتی آمادگی جسمانی فوتبال معمولاً بر روی تقویت استقامت، قدرت و سرعت بازیکنان تمرکز دارند. اگرچه این نوع تمرینات می‌توانند به بهبود آمادگی جسمانی کمک کنند، اما ممکن است به اندازه تمرینات ترکیبی قادر به بهبود همه‌جانبه عملکرد ورزشی نباشند. همسو با نتایج مطالعه حاضر، الیور و همکاران (۲۰۲۴) به بررسی تأثیر برنامه‌های تمرینی قدرتی، پلائیومتریک و ترکیبی بر ویژگی‌های قدرت، توان و سرعت در بازیکنان فوتبال جوان با سطح عالی پرداختند. نتایج نشان داد که هر سه نوع تمرین منجر به بهبود معنادار

در قدرت و سرعت بازیکنان می‌شود، اما گروهی که تمرینات پلائیومتریک انجام داد، بیشترین پیشرفت را در توان انفجاری و قدرت نشان داد. همچنین این تحقیق تأکید کرد که برای بهینه‌سازی عملکرد بازیکنان فوتبال، ترکیب تمرینات مختلف ضروری است (۱۹). باقری و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای که به مدت ۱۲ هفته بر مردان میانسال دارای اضافه وزن انجام داد و مشخص شد که تمرین ترکیبی همزمان (همزمان قدرتی و هوازی) منجر به بهبود نشانگرهای التهابی از جمله ایتنرلوکین-۶، عملکرد عضلانی و ترکیب بدنی می‌شود (۲۰). کیلیت و همکاران (۲۰۲۲) نیز به بررسی تأثیر دو پروتکل تمرینی ترکیبی بر استقامت هوازی و توان بی‌هوازی، مهارت‌های فنی و پاسخ‌های روان فیزیولوژیکی در بازیکنان فوتبال جوان پرداختند، نتایج نشان داد که هر دو پروتکل منجر به بهبود معناداری در ظرفیت‌های فیزیکی و مهارت‌های فنی شدند (۲۱). شیروانی و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی که بر روی بازیکنان فوتبال نخبه انجام دادند، اثر مکمل تائورین و پروتکل‌های تمرینی ترکیبی شدید بر سطوح سرمی IL-6 و TNF- α بررسی شد. نتایج نشان داد که مکمل تائورین می‌تواند اثرات ضدالتهابی داشته باشد و از تغییرات معنی‌دار در این سیتوکین‌ها جلوگیری کند. تمرینات شدید منجر به افزایش موقت IL-6 و TNF- α می‌شود، اما تائورین این افزایش را تعدیل می‌کند (۲۲). بنی طالبی و همکاران (۲۰۱۸) در مقاله‌ای به مقایسه تأثیر تمرین تناوبی شدت بالا (HIIT) و تمرین ترکیبی با شدت متوسط (مقاومت و هوازی) بر بهبود آدیپوکین‌های مرتبط با انسولین در افراد مبتلا به دیابت نوع ۲ می‌پردازد. نتایج نشان می‌دهد که هر دو نوع تمرین می‌توانند باعث افزایش IL-6 شوند. داده‌ها تفاوت معنی‌داری را در سطوح MCP-1 و IL-6 در گروه تمرین ترکیبی مقاومتی و هوازی در مقایسه با گروه HIIT نشان دادند (۲۳). بهبود در فاکتورهای

عملکردی در اثر تمرین ترکیبی می‌تواند به این دلایل باشد: ۱- تمرینات با شدت بالا و ترکیبی به‌طور خاص طراحی شده‌اند تا باعث تحریک عضلات و سیستم عصبی شوند و عضلات را به شدت تحت فشار قرار دهند و باعث پاسخ‌های فیزیولوژیکی قابل توجهی شوند. فعالیت‌های مکرر و کوتاه‌مدت مانند پرش‌ها، دویدن‌های سریع و تغییرات ناگهانی در جهت، باعث تحریک سیستم عصبی و افزایش توانایی‌های عضلانی می‌شود ۲- تمرین ترکیبی، باعث تحریک همزمان سیستم‌های انرژی هوازی و بی‌هوازی می‌شود و سازگاری‌های فیزیولوژیکی ایجاد می‌کند. از آنجا که ورزشکاران تحت تمرینات شدید قرار می‌گیرند، بدن آن‌ها سازگاری‌هایی را در سیستم‌های مختلف ایجاد می‌کند، از جمله افزایش ظرفیت قلبی-عروقی و بهینه‌سازی استفاده از اکسیژن، که این عوامل به افزایش عملکرد ورزشی کمک می‌کنند. ۳- اجرای تمرینات دایره‌ای، که شامل تکرار حرکات مختلف در زمان‌های کوتاه است، به بازیکنان کمک می‌کند تا قدرت و استقامت خود را در هر یک از حرکات به حداکثر برسانند. این تنوع در تمرینات به ایجاد انگیزه و کاهش خستگی نیز کمک می‌کند و به نوعی تنوع در تمرینات ایجاد می‌کند. ۴- تمرین ترکیبی از خستگی جلوگیری می‌کند، بهبود شاخص خستگی در گروه تمرین ترکیبی می‌تواند ناشی از بهبود ظرفیت بافری عضلات و افزایش توانایی عضلات در مقابله با اسیدوز متابولیکی باشد. ۵. تمرینات ترکیبی می‌توانند باعث کاهش چربی بدن و افزایش توده عضلانی شوند. این تغییر در ترکیب بدن می‌تواند منجر به بهبود حساسیت به انسولین و کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های متابولیکی شود. عدم تفاوت معنادار در سطح سرمی گلوکز بین دو شیوه تمرینی و نقاط قبل و بعد از تمرین می‌تواند به این عوامل مرتبط باشد: ۱- بدن انسان دارای مکانیسم‌های پیچیده و کارآمدی برای حفظ سطح گلوکز خون در

یک محدوده نسبتاً باریک است (هومئوستاز). تمرینات ورزشی، چه ترکیبی و چه سنتی، به عنوان یک استرس فیزیولوژیک عمل می‌کنند و سیستم‌های تنظیم‌کننده گلوکز را فعال می‌کنند. ۲- شرکت‌کنندگان در این مطالعه، فوتبالیست‌های جوانی با سابقه تمرین منظم بوده‌اند. این افراد احتمالاً دارای سازگاری‌های متابولیکی مثبتی هستند که به آن‌ها کمک می‌کند سطح گلوکز خون را در طول و بعد از تمرین به خوبی تنظیم کنند. ۳- پروتکل‌های تمرینی استفاده‌شده در این مطالعه ممکن است به اندازه کافی شدید نبوده باشند تا تغییرات چشمگیری در سطح گلوکز خون ایجاد کنند. تمرینات طولانی‌مدت و با شدت بالا معمولاً تأثیر بیشتری بر متابولیسم گلوکز دارند. ۴- عدم کنترل دقیق رژیم غذایی شرکت‌کنندگان می‌تواند بر نتایج مربوط به گلوکز تأثیر گذاشته باشد. تغییرات در سطح انسولین در پاسخ به تمرینات ترکیبی شدت بالا می‌تواند ناشی از این عوامل باشد: ۱- تمرینات ترکیبی، به دلیل داشتن اجزای قدرتی و هوازی، می‌توانند به طور همزمان باعث افزایش توده عضلانی و بهبود عملکرد سیستم قلبی-عروقی شوند. افزایش توده عضلانی به معنای افزایش سطح گیرنده‌های انسولین در عضلات است که می‌تواند منجر به افزایش حساسیت به انسولین شود. همچنین، بهبود عملکرد سیستم قلبی-عروقی باعث بهبود خون‌رسانی به عضلات و در نتیجه بهبود انتقال گلوکز به داخل سلول‌ها می‌شود. ۲- تمرین ترکیبی شدت بالا می‌تواند باعث افزایش بیان ژن GLUT4 و افزایش تعداد این پروتئین‌ها در غشای سلول‌های عضلانی شوند. GLUT4 مسئول انتقال گلوکز از خون به داخل سلول‌های عضلانی است. ۳- تمرین ترکیبی شدت بالا می‌تواند باعث بهبود عملکرد سلول‌های بتا پانکراس شوند، که مسئول تولید و ترشح انسولین هستند. ۴- تمرین ترکیبی شدت می‌تواند باعث تغییر در سطح هورمون‌های تنظیم‌کننده قند خون مانند گلوکاگون و

کورتیزول شوند، که می‌توانند بر ترشح انسولین تاثیر بگذارند. همچنین افزایش معنادار سطح IL-6 در گروه تمرین ترکیبی نیز می‌تواند ناشی از این عوامل باشد: ۱- تمرینات ترکیبی، به دلیل داشتن شدت بالا و درگیری گروه‌های عضلانی مختلف، می‌تواند باعث ایجاد پاسخ التهابی در بدن شوند. IL-6 به عنوان یک مایوکاین (سایتوکاین تولید شده توسط عضلات) در پاسخ به این التهاب تولید و ترشح می‌شود. ۲- IL-6 نقش مهمی در فرآیندهای ترمیم و بازسازی عضلات پس از تمرینات شدید دارد. این سیتوکین می‌تواند باعث تحریک تولید فاکتورهای رشد و سایر مولکول‌های سیگنالینگ شود که به ترمیم بافت‌های آسیب‌دیده کمک می‌کنند. ۳- IL-6 می‌تواند باعث تحریک لیپولیز (تجزیه چربی‌ها) و افزایش دسترسی به اسیدهای چرب آزاد به عنوان سوخت شود. این فرآیند به حفظ سطح گلوکز خون و تامین انرژی مورد نیاز عضلات در طول تمرینات کمک می‌کند. در مقابل و تضاد با نتایج پژوهش حاضر، لتجاس و همکاران (۲۰۲۴) به بررسی تاثیر تمرینات مقاومت، هوازی، و ترکیبی هوازی-مقاومت بر نشانگرهای التهابی در افراد چاق یا اضافه وزن اما از نظر متابولیک سالم پرداخت. نتایج نشان داد که هر سه نوع تمرین می‌توانند به طور موثر سطح نشانگرهای التهابی از جمله اینترلوکین ۶ را در این افراد کاهش دهند. تمرینات ترکیبی هوازی-مقاومتی ممکن است اثرات بیشتری در بهبود وضعیت التهابی داشته باشد (۲۴). سیلوا و همکاران (۲۰۲۴) در یک مقاله مروری سیستماتیک مشخص کردند که تمرینات ترکیبی (هوازی و مقاومتی) در بزرگسالان کم‌تحرك غیردیابتي، برخی از نشانگرهای متابولیسم گلوکز و پارامترهای التهابی را بهبود می‌بخشد. این تمرینات منجر به کاهش معنی‌دار در انسولین شد، اما لپتین و IL-6 تاثیر معنی‌داری نداشت (۷). پراناتو همکاران (۲۰۲۳) نیز به بررسی تاثیر تمرینات ترکیبی

مقاومتی و استقامتی بر کاهش سیتوکین‌های پیش‌التهابی در زنان جوان مبتلا به چاقی پرداختند، در این تحقیق، شرکت‌کنندگان به سه گروه تمرینات استقامتی متوسط، مقاومت متوسط، و ترکیبی تقسیم شدند. نتایج نشان داد که سطح سیتوکین‌های پیش‌التهابی IL-6 و TNF- α به طور قابل توجهی در همه گروه‌های تمرینی کاهش یافت اما تمرین ترکیبی مقاومتی و استقامتی بیشترین کاهش را در این سیتوکین‌ها نشان داد (۲۵). ماکیل و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای که به مدت ۱۲ هفته بر مردان مبتلا به سندرم متابولیک انجام دادند، اثر دو نوع تمرین هوازی و ترکیبی شدید (هوازی-مقاومتی) بر غلظت ایریسین و IL-6 و شاخص‌های متابولیسم کربوهیدرات بررسی کردند، نتایج نشان داد که تمرین هوازی منجر به افزایش ایریسین و کاهش IL-6، چربی بدن و قند خون شد. تمرین ترکیبی هوازی-مقاومتی نیز کاهش در IL-6، چربی بدن و انسولین را به همراه افزایش جرم بدون چربی ایجاد کرد (۲۶). در پژوهشی، هوستراپ و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی تغییرات عملکردی ناشی از برنامه‌های تمرینی فشرده در فوتبال حرفه‌ای پرداختند، این تمرینات همچنین باعث کاهش در IL-6 شد که نشان‌دهنده کاهش التهاب و پاسخ‌های متابولیکی مثبت است، علاوه بر این، سطوح گلوکز و حساسیت به انسولین نیز بهبود یافت (۲۷). سگلو و همکاران (۲۰۲۱)، در پژوهشی که بر روی بازیکنان فوتبال انجام دادند، مشخص شد که تمرینات منظم ورزشی منجر به کاهش معنی‌دار در نشانگرهای التهابی مانند IL-6 و TNF- α می‌شود. همچنین، این تمرینات باعث بهبود پارامترهای لیپیدی مانند کاهش کلسترول کل، تری‌گلیسرید و LDL و افزایش HDL می‌شود (۲۸). عظیمیان و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقی به بررسی تاثیر شدت‌های مختلف یک جلسه فعالیت ورزشی ترکیبی بر سطح IL-6 و فاکتور نکروز تومور آلفا پرداختند. نتایج نشان داد که هیچ یک از متغیرها در

پایان جلسات فعالیت ترکیبی در شدت‌های مختلف تغییر معناداری نکردند و فعالیت ترکیبی حاد تأثیری بر IL-6 نداشت (۲۹). عابدنظری و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه دیگری به بررسی اثر تمرین ترکیبی بر سطوح IL-6 و کورتیزول در مردان سالم پرداختند. نتایج نشان داد که هیچ تغییر معناداری در سطوح IL-6 و کورتیزول پس از تمرین مشاهده نشد، که بیانگر عدم تأثیر قابل توجه تمرینات ترکیبی است (۳۰). این تفاوت‌ها می‌تواند ناشی از تفاوت در پروتکل‌های تمرینی، رژیم غذایی افراد، جمعیت مورد مطالعه و روش‌های اندازه‌گیری متغیرها باشد. این پژوهش دارای برخی محدودیت‌ها است که باید در نظر گرفته شوند. اولاً، حجم نمونه نسبتاً کوچک است و نتایج ممکن است قابل تعمیم به جمعیت‌های دیگر نباشد. ثانیاً، این پژوهش تنها به بررسی تأثیر دو شیوه تمرینی بر متغیرهای بیوشیمیایی و عملکردی پرداخته است و تأثیر عوامل دیگر مانند تغذیه، خواب و استرس را در نظر نگرفته است. ثالثاً، این پژوهش از یک پروتکل تمرینی خاص استفاده کرده است و نتایج ممکن است به پروتکل‌های تمرینی دیگر قابل تعمیم نباشد. با توجه به محدودیت‌های این پژوهش، پیشنهاد می‌شود که پژوهش‌های آینده با حجم نمونه بزرگتر و با در نظر گرفتن عوامل دیگر مانند تغذیه، خواب و استرس انجام شوند. همچنین، به بررسی تأثیر پروتکل‌های تمرینی مختلف بر متغیرهای بیوشیمیایی و عملکرد ورزشی بپردازند. علاوه بر این، پیشنهاد می‌شود که پژوهش‌های آینده به بررسی مکانیسم‌های مولکولی و سلولی که مسئول تأثیرات تمرینات ورزشی بر متغیرهای بیوشیمیایی و عملکرد ورزشی هستند، بپردازند.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این مطالعه نشان داد که هر دو شیوه تمرینی سستی و تمرین ترکیبی با شدت بالا (HICT) منجر به

بهبود قابل توجهی در شاخص‌های آمادگی جسمانی بازیکنان فوتبال جوان شدند. با این حال، تمرین ترکیبی با شدت بالا نسبت به تمرین سستی اثربخشی بیشتری در ارتقای توان بیشینه، پرش عمودی و کاهش شاخص خستگی داشت. از سوی دیگر، درحالی‌که سطح گلوکز سرمی تفاوت معناداری بین دو گروه نداشت، افزایش معنادار انسولین و اینترلوکین-۶ تنها در گروه HICT مشاهده شد. این نتایج بیانگر آن است که تمرینات ترکیبی با شدت بالا، علاوه بر ارتقای عملکرد جسمانی، موجب سازگاری‌های متابولیکی و التهابی مطلوب‌تری می‌شوند که می‌تواند به بهبود حساسیت به انسولین و تنظیم بهتر پاسخ‌های التهابی در ورزشکاران منجر شود. افزایش اینترلوکین-۶ به عنوان یک سایتوکاین میوکینی، نشان‌دهنده فعال شدن مسیرهای سازگاری متابولیکی و ایمنی در پاسخ به تمرین شدید است که می‌تواند نقش مهمی در بهبود عملکرد و سلامت قلبی-عروقی ورزشکاران ایفا کند. همچنین، افزایش انسولین پس از تمرین HICT می‌تواند بیانگر بهبود برداشت گلوکز و حساسیت بیشتر سلول‌های عضلانی به انسولین باشد. در مجموع، نتایج این پژوهش تأکید می‌کند که استفاده از تمرینات ترکیبی با شدت بالا در برنامه آماده‌سازی فوتبال‌یست‌های جوان، نه تنها به بهبود عملکرد ورزشی کمک می‌کند، بلکه می‌تواند اثرات محافظتی بر سلامت متابولیک و قلبی-عروقی داشته باشد. با این حال، برای تبیین دقیق‌تر سازوکارهای زیربنایی و بررسی اثرات بلندمدت این نوع تمرینات، انجام مطالعات بیشتر با نمونه‌های بزرگتر و دوره‌های طولانی‌تر توصیه می‌شود.

منابع

1. Lisenchuk G, Leleka V, Bogatyrev K, Kokareva S, Adamenko O, Shchekotylna N, et al. Fitness training in functional preparedness of highly qualified football

8. Martínez-Noguera FJ, Chung LH, Guadalupe-Grau A, Montoro-García S, Alcaraz PE. Comparison of Hormonal, Inflammatory, Muscle Damage and Oxidative Stress Biomarkers Changes in Response to High-Intensity Interval, Circuit and Concurrent Exercise Bouts. *Sports*. 2025;13(6):184.
9. Pucsok JM, Kovács M, Ráthonyi G, Pocsai B, Balogh L. The impact of Covid-19 lockdown on agility, explosive power, and speed-endurance capacity in youth soccer players. *International journal of environmental research and public health*. 2021;18(18):9604.
10. Sal-de-Rellán A, Ben Brahim M, Hernaiz-Sánchez A, Tarwneh R, Martín V. Effects of resisted sprint training with ball on speed and agility performance in U-19 elite soccer players. *Plos one*. 2024;19(10):e0311002.
11. Zhang Y, Li D, Gómez-Ruano M-Á, Memmert D, Li C, Fu M. Effects of plyometric training on kicking performance in soccer players: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Physiology*. 2023;14:1072798.
12. Pardos-Mainer E, Lozano D, Torrontegui-Duarte M, Cartón-Llorente A, Roso-Moliner A. Effects of strength vs. plyometric training programs on vertical jumping, linear sprint and change of direction speed performance in female soccer players: a systematic review and meta-analysis. *International journal of environmental research and public health*. 2021;18(2):401.
13. Latif RA, Ghazali MS, Rahman ZA, Mohamed AMD, Fauzee MSO. Relationship between Cardiovascular Endurance and Mental Toughness among Academy Mokhtar Dahari (AMD) Football Players. *Asian Journal of University Education*. 2022;18(1):166-178.
14. Belli G, Marini S, Mauro M, Maietta Latessa P, Toselli S. Effects of eight-week circuit training with core exercises on performance in adult male soccer players. *players. Journal of Physical Education and Sport*. 2023;23(2):502-509.
2. Rifki MS, Ndayisenga J, Zakaria JB. The effect of combined continuous run, circuit training, and high-intensity interval training on lung function, asthma control, and VO2max in asthma patients: A quasi-experimental study. *Journal of Physical Education and Sport*. 2023;23(12):326.
3. Li M, Li J, Xu Y, Gao J, Cao Q, Ding Y, et al. Effect of 5: 2 regimens: energy-restricted diet or low-volume high-intensity interval training combined with resistance exercise on glycemic control and cardiometabolic health in adults with overweight/obesity and type 2 diabetes: a three-arm randomized controlled trial. *Diabetes Care*. 2024;47(6):1074-1083.
4. Kabdwal MC, Pal S, Poonia R. Effect of Periodized Interval Training in Combination with Explosive Strength and Speed in Game-Like Situation on Agility and High Intensity Aerobic Capacity of Youth Soccer Players. *Physical Education Theory and Methodology*. 2023;23(5):716-721.
5. Bumrung N, Jansupom C, Rohmansyah NA, Khaothin T, Hiruntrakul A. Acute Effects of Combined High Intensity Interval Training and Step Aerobics Training on Agility in Male Futsal Athletes During the Pre-season. *Middle East Journal of Rehabilitation and Health Studies*. 2025;12(3):e158636.
6. Rhibi F, Zouhal H, Lira FS, Ouerghi N, Prioux J, Besbes S, et al. Inflammatory cytokines and metabolic responses to high-intensity intermittent training: effect of the exercise intensity. *Biology of Sport*. 2022;39(2):263-272.
7. Silva FM, Duarte-Mendes P, Teixeira AM, Soares CM, Ferreira JP. The effects of combined exercise training on glucose metabolism and inflammatory markers in sedentary adults: a systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*. 2024;14(1):1936.

- anaerobic fitness, technical skills, and psychophysiological responses in young soccer players. *J Strength Cond Res.* 2025;39(1):86-93..
22. Shirvani H, Nikbakht H, Ebrahim Kh G. The effects of soccer specific exercise and Taurine supplementation on serum cytokine response in male elite soccer players. *Ann Biol Res.* 2012;3(9):4420-4426.
23. Banitalebi E, Faramarzi M, Nasiri S. High-intensity interval training versus moderate intensity combined training (resistance and aerobic) for improving insulin-related adipokines in type 2 diabetic women. *Zahedan J Res Med Sci.* 2018; 20(10):e68793.
24. Lentejas JPR, Sandoval MAS, Evangelista TJP, Buenaluz-Sedurante MD, Velayo CL. The Effect of Resistance, Aerobic, and Concurrent Aerobic and Resistance Exercises on Inflammatory Markers of Metabolically Healthy Overweight or Obese Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *Acta Medica Philippina.* 2024;58(21):90.
25. Pranoto A, Cahyono MBA, Yakobus R, Izzatunnisa N, Ramadhan RN, Rejeki PS, et al. Long-term resistance–endurance combined training reduces pro-inflammatory cytokines in young adult females with obesity. *Sports.* 2023;11(3):54.
26. Makiel K, Suder A, Targosz A, Maciejczyk M, Haim A. Effect of exercise interventions on irisin and interleukin-6 concentrations and indicators of carbohydrate metabolism in males with metabolic syndrome. *J Clin Med.* 2023;12(1):369.
27. Hostrup M, Bangsbo J. Performance adaptations to intensified training in top-level football. *Sports Med.* 2023;53(3):577-594.
28. Afşin A, Bozyılan E, Asoğlu R, Hoşoğlu Y, Dünder A. Effects of regular exercise on inflammatory biomarkers and lipid parameters in soccer players. *J Eur J Investig Health, Psychol Educ.* 2022;12(9):1244-1256.
15. Boraczyński M, Boraczyński T, Gajewski J, Kamelska-Sadowska AM, Gronek P, Laskin J. Effects of intensity modulated total-body circuit training combined with soccer training on physical fitness in prepubertal boys after a 6-month intervention. *J Hum Kinet.* 2021;80(1):207-222.
16. Farooque S, Das PK, Mitra M, Dhar K. Effect of 12 weeks saq and circuit training on dribbling and shooting ability of soccer player. *Eur J Physic Educ Sport Sci.* 2023; 9(5):74-81.
17. Marín-Pagán C, Blazeovich AJ, Chung LH, Romero-Arenas S, Freitas TT, Alcaraz PE. Acute physiological responses to high-intensity resistance circuit training vs. traditional strength training in soccer players. *Biology.* 2020;9(11):383.
18. Grazioli R, Loturco I, Baroni BM, Oliveira GS, Saciura V, Vanoni E, et al. Coronavirus disease-19 quarantine is more detrimental than traditional off-season on physical conditioning of professional soccer players. *J Strength Cond Res.* 2020;34(12): 3316-3320.
19. Oliver JL, Ramachandran AK, Singh U, Ramirez-Campillo R, Lloyd RS. The effects of strength, plyometric and combined training on strength, power and speed characteristics in high-level, highly trained male youth soccer players: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2024;54(3):623-643.
20. Bagheri R, Kargarfard M, Jalali K, Ashtary-Larky D, Cheraghloo N, Ghobadi H, et al. The effects of 12 weeks of concurrent and combined training on inflammatory markers, muscular performance, and body composition in middle-aged overweight and obese males. *Nutrients.* 2023;15(6):1482.
21. Kilit B, Chmura P, Arslan E, Soylu Y, Radziminski Ł. Effects of 2 combined training protocols on the aerobic and

in active men. Sport Physiol. 2016;7(28):87-102. [in Persian]

30. Abednatanzi H, Khandan M, Osivand I, Khandan N. The effect of acute combined (resistance-vibration) exercise on interleukin-6 and cortisol in healthy male students. International Conference on Physical Education and Sports. 2012. [in Persian]

Immunoassay Immunochem. 2021;42(5):467-77.

29. Azimian A, Ranjbar R, Shakarian S, Habibi A, Abdolhamid G, Ghafoorian M, et al. Comparison of the effect of different intensities of a single session of concurrent exercise on tumor necrosis factor-alpha (TNF α) and interleukin-6 (IL-6) responses