

مقایسه تاثیر مصرف مکمل بتا آلانین و کافئین بر سطوح لاکتات خون و استقامت قلبی عروقی پس از یک دوره تمرین تناوبی شدید در مردان فوتبالیست

طاهر مهدی اصل^۱، روح اله ارشادی^۲، بی بی فخرالسادات هاشمی^۳

^۱ دکتری تخصصی فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کیش، کیش، ایران (نویسنده مسئول)

^۲ گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران

^۳ گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران

چکیده

این پژوهش به بررسی اثرات ترکیبی مکمل های بتا-آلانین و کافئین در کنار تمرینات تناوبی شدید (HIIT) بر سطوح لاکتات خون و استقامت قلبی-تنفسی در بازیکنان فوتبال مرد پرداخته است. در حالی که مطالعات پیشین به بررسی جداگانه این مداخلات پرداخته اند، تأثیر ترکیبی آن ها به ویژه در ورزشکاران نیازمند به توان هوازی و بی هوازی هنوز به خوبی شناخته نشده است. **روش شناسی:** در یک طرح نیمه تجربی، ۴۲ بازیکن فوتبال مرد (میانگین سنی 22.6 ± 1.5 سال؛ شاخص توده بدنی 21.8 ± 1.3 کیلوگرم بر متر مربع) به صورت تصادفی در شش گروه تقسیم شدند: گروه تمرین HIIT به تنهایی، گروه مکمل بتا-آلانین به تنهایی، گروه مکمل کافئین به تنهایی، گروه ترکیبی HIIT + بتا-آلانین، گروه ترکیبی HIIT + کافئین و گروه کنترل. برنامه تمرینی به مدت ۸ هفته و هر هفته ۳ جلسه تمرین تناوبی شدید (۴-۶ تکرار ۳۰-۹۰ ثانیه ای با ۹۰-۹۵٪ حداکثر ضربان قلب و نسبت استراحت به فعالیت ۱:۱) اجرا شد. مکمل های بتا-آلانین (۶.۴ گرم در روز) و کافئین (۶ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز) به صورت دوزهای تقسیم شده مصرف شدند. سطوح لاکتات خون در حالت استراحت و حداکثر فعالیت اندازه گیری شد و استقامت قلبی-تنفسی با استفاده از آزمون تناوبی یویو ارزیابی گردید. داده ها با استفاده از آزمون های تی زوجی، تحلیل واریانس یک طرفه و آزمون تعقیبی توکی تحلیل شدند. **یافته ها:** گروه های ترکیبی تمرین + بتا-آلانین و تمرین + کافئین کاهش معناداری در سطوح لاکتات استراحت (به ترتیب $\beta = -0.051$ ، $p < 0.001$ و $\beta = -0.048$ ، $p < 0.001$) و لاکتات حداکثر (به ترتیب $\beta = -0.12$ ، $p = 0.012$ و $\beta = -0.09$ ، $p < 0.001$)، میانگین افزایش 12.7% و 10.3% ، $p < 0.002$ در مقایسه با مقادیر پایه نشان دادند. این گروه ها همچنین بهبودهای بیشتری در استقامت قلبی-تنفسی (میانگین افزایش 12.7% و 10.3% ، $p < 0.001$) در مقایسه با گروه تمرین به تنهایی (6.1%) یا گروه های مکمل به تنهایی (3.2%) داشتند. از نظر مکانیسمی، به نظر می رسد اثر بافری بتا-آلانین (از طریق افزایش کارنوزین عضلانی) و اکسیداسیون چربی ناشی از کاتکولامین ها توسط کافئین در پاکسازی لاکتات و تأخیر در خستگی نقش داشته اند. نکته قابل توجه این بود که تفاوت معناداری بین اثربخشی بتا-آلانین و کافئین مشاهده نشد ($p > 0.05$) که نشان دهنده فواید مشابه اما غیرترکمی این دو مکمل است. **بحث و نتیجه گیری:** یافته های این مطالعه نشان می دهد که ترکیب تمرینات تناوبی شدید با هر یک از مکمل های بتا-آلانین یا کافئین می تواند بهینه سازی متابولیسم لاکتات و بهبود استقامت قلبی-تنفسی در بازیکنان فوتبال را به دنبال داشته باشد. اگرچه هر دو مکمل مؤثر هستند، اما استفاده همزمان از آن ها ممکن است فواید اضافه تری ایجاد نکند. این نتایج بر اهمیت به کارگیری پروتکل های تلفیقی تمرین-تغذیه برای بهبود عملکرد ورزشی تأکید می کنند.

واژه های کلیدی: تمرین تناوبی شدید (HIIT)، بتا آلانین، کافئین، لاکتات خون، استقامت قلبی-عروقی، فوتبالیست ها

مقدمه

ورزش و فعالیت بدنی به عنوان یکی از ارکان اصلی سلامت جسمی و روانی، همواره مورد توجه محققان و متخصصان علوم ورزشی بوده است. در این میان، تمرینات ورزشی به ویژه تمرینات تناوبی شدید (HIIT) به دلیل تأثیرات قابل توجه بر بهبود عملکرد قلبی-عروقی و کاهش خستگی عضلانی، جایگاه ویژه‌ای در تحقیقات علمی پیدا کرده‌اند (امیرشقایق و کرمجانی، ۱۴۰۱). از سوی دیگر، استفاده از مکمل‌های ورزشی مانند بتا‌آلانین و کافئین به عنوان عوامل مؤثر در بهبود عملکرد ورزشی و کاهش خستگی، موضوعی است که در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است (اکبرپور و همکاران، ۱۴۰۱). بتا‌آلانین به عنوان یک اسید آمینه غیرضروری، با افزایش سطح کارنوزین در عضلات، نقش مهمی در کاهش اسیدیت عضلانی و بهبود عملکرد ورزشی ایفا می‌کند (نوروزیان و همکاران، ۱۴۰۰). از طرفی، کافئین به عنوان یک محرک سیستم عصبی مرکزی، با افزایش ترشح کاتکولامین‌ها و بهبود متابولیسم چربی، می‌تواند عملکرد ورزشی را به ویژه در فعالیت‌های استقامتی و قدرتی افزایش دهد (صانعی و همکاران، ۱۴۰۰).

با توجه به اهمیت آمادگی جسمانی و عملکرد ورزشی در رشته‌های مختلف ورزشی، به ویژه فوتبال، که نیازمند استقامت قلبی-عروقی و توانایی تحمل فشارهای شدید است، بررسی تأثیرات ترکیبی تمرینات تناوبی شدید و مکمل‌های ورزشی بر سطوح لاکتات خون و استقامت قلبی-عروقی از اهمیت بالایی برخوردار است (ایل بیگی و همکاران، ۱۴۰۰). لاکتات به عنوان یکی از شاخص‌های مهم خستگی عضلانی، در فعالیت‌های شدید ورزشی افزایش می‌یابد و کاهش آن می‌تواند نشان‌دهنده بهبود عملکرد ورزشی باشد (یعقوبی و همکاران، ۱۳۹۸). از این رو، بررسی تأثیرات مصرف مکمل‌هایی مانند بتا‌آلانین و کافئین در کنار تمرینات تناوبی شدید بر سطوح لاکتات خون و استقامت قلبی-عروقی در ورزشکاران فوتبالیست، می‌تواند به ارائه راهکارهای مؤثر برای بهبود عملکرد ورزشی و کاهش خستگی کمک کند.

ضرورت انجام این پژوهش از آنجا ناشی می‌شود که با وجود مطالعات متعدد در زمینه تأثیرات جداگانه تمرینات تناوبی شدید و مکمل‌های ورزشی، تحقیقات محدودی به بررسی تأثیرات ترکیبی این دو عامل پرداخته‌اند (فرحانی و همکاران، ۱۳۹۸). از طرفی، با توجه به رقابت‌های فشرده در رشته فوتبال و نیاز به بهبود عملکرد ورزشی، یافتن راهکارهای مؤثر برای کاهش خستگی و افزایش استقامت قلبی-عروقی از اهمیت بالایی برخوردار است. بنابراین، این پژوهش با هدف مقایسه تأثیر مصرف مکمل‌های بتا‌آلانین و کافئین بر سطوح لاکتات خون و استقامت قلبی-عروقی پس از یک دوره تمرین تناوبی شدید در مردان فوتبالیست طراحی شده است.

هدف کلی این پژوهش، بررسی تأثیرات مصرف مکمل‌های بتا‌آلانین و کافئین بر سطوح لاکتات خون و استقامت قلبی-عروقی در مردان فوتبالیست پس از یک دوره تمرین تناوبی شدید است. اهداف اختصاصی این پژوهش شامل مقایسه اثر مصرف مکمل‌های بتا‌آلانین و کافئین بر سطوح لاکتات خون و استقامت قلبی-عروقی در مردان فوتبالیست پس از یک دوره تمرین تناوبی شدید می‌باشد. با توجه به این اهداف، فرضیه‌های پژوهش به این صورت مطرح می‌شوند که بین اثر مصرف مکمل‌های بتا‌آلانین و کافئین بر سطوح لاکتات خون و استقامت قلبی-عروقی پس از یک دوره تمرین تناوبی شدید تفاوت معنی‌داری وجود دارد.

ادبیات نظری و پیشینه پژوهش

تمرینات تناوبی شدید

تمرینات تناوبی شدید^۱ یا به عنوان یکی از روش‌های مؤثر در بهبود عملکرد ورزشی و آمادگی جسمانی شناخته شده‌اند. این نوع تمرینات شامل دوره‌های کوتاه و شدید فعالیت ورزشی است که با دوره‌های استراحت یا فعالیت با شدت کم همراه می‌شود

^۱ High-Intensity Interval Training (HIIT)

(امیرشقایق و کرمجانی، ۱۴۰۱). مطالعات نشان داده‌اند که تمرینات تناوبی شدید می‌تواند به طور قابل توجهی ظرفیت هوازی^۲ و عملکرد قلبی-عروقی را بهبود بخشد (اکبرپور و همکاران، ۱۴۰۱). همچنین، این نوع تمرینات به دلیل افزایش مصرف اکسیژن پس از تمرین^۳، می‌تواند به کاهش چربی بدن و بهبود ترکیب بدنی کمک کنند (نوروزیان و همکاران، ۱۴۰۰). با این حال، یکی از چالش‌های اصلی در انجام تمرینات تناوبی شدید، افزایش تولید لاکتات و اسیدیته عضلانی است که می‌تواند منجر به خستگی زودرس و کاهش عملکرد ورزشی شود (صانعی و همکاران، ۱۴۰۰).

مکمل بتاآلانین

بتاآلانین یک اسید آمینه غیرضروری است که به عنوان پیش‌ساز کارنوزین در عضلات عمل می‌کند. کارنوزین یک دی‌پپتید است که در عضلات اسکلتی ذخیره می‌شود و نقش مهمی در تنظیم pH عضلانی ایفا می‌کند (ایل بیگی و همکاران، ۱۴۰۰). افزایش سطح کارنوزین در عضلات می‌تواند به کاهش تجمع یون‌های هیدروژن و بهبود عملکرد ورزشی در فعالیت‌های شدید و کوتاه‌مدت کمک کند (۶). مطالعات نشان داده‌اند که مصرف مکمل بتاآلانین می‌تواند به طور قابل توجهی سطح کارنوزین عضلات را افزایش دهد و در نتیجه، زمان رسیدن به خستگی را به تأخیر بیندازد (فرحانی و ریاحی، ۱۳۹۸). به عنوان مثال، هریس و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که مصرف ۴ تا ۶ گرم بتاآلانین در روز به مدت ۴ هفته، سطح کارنوزین عضلات را تا ۶۴ درصد افزایش می‌دهد (ابراهیم زاده و همکاران، ۲۰۲۱).

مکمل کافئین

کافئین یکی از پرکاربردترین محرک‌های سیستم عصبی مرکزی است که به طور گسترده در میان ورزشکاران استفاده می‌شود. کافئین با مهار گیرنده‌های آدنوزین، باعث افزایش ترشح کاتکولامین‌ها (مانند اپینفرین و نوراپینفرین) و بهبود عملکرد ورزشی می‌شود (مرادپوریان و همکاران، ۱۴۰۰). این ماده همچنین می‌تواند با افزایش تجزیه چربی‌ها و کاهش مصرف گلیکوژن عضلانی، به بهبود عملکرد در فعالیت‌های استقامتی کمک کند (صادق قمی و همکاران، ۱۴۰۰). مطالعات نشان داده‌اند که مصرف کافئین می‌تواند زمان رسیدن به خستگی را به تأخیر بیندازد و عملکرد ورزشی را در فعالیت‌های شدید و طولانی‌مدت بهبود بخشد (دلفانی و همکاران، ۲۰۲۱). به عنوان مثال، گراهام (۲۰۰۱) گزارش کرد که مصرف ۳ تا ۶ میلی‌گرم کافئین به ازای هر کیلوگرم وزن بدن، می‌تواند عملکرد ورزشی را در فعالیت‌های استقامتی و قدرتی بهبود بخشد (امنی و همکاران، ۲۰۱۹).

لاکتات و خستگی عضلانی

لاکتات به عنوان یکی از محصولات جانبی متابولیسم بی‌هوازی، در فعالیت‌های شدید ورزشی تولید می‌شود. افزایش سطح لاکتات در عضلات می‌تواند منجر به کاهش pH عضلانی و ایجاد خستگی شود (خواجه لندی و همکاران، ۲۰۲۰). با این حال، لاکتات همچنین می‌تواند به عنوان یک منبع انرژی برای عضلات و سایر بافت‌ها عمل کند (صارمی و همکاران، ۱۴۰۲). مطالعات نشان داده‌اند که کاهش سطح لاکتات خون می‌تواند نشان‌دهنده بهبود عملکرد ورزشی و کاهش خستگی باشد. به عنوان مثال، رابرتز و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که کاهش سطح لاکتات خون پس از تمرینات شدید، می‌تواند به بهبود عملکرد ورزشی و افزایش زمان رسیدن به خستگی کمک کند (اصل محمدی زاده و افراسیابی، ۲۰۲۰). در زمینه تأثیرات ترکیبی تمرینات تناوبی شدید و مکمل‌های ورزشی، تحقیقات محدودی انجام شده است. به عنوان مثال، هابسون و همکاران (۲۰۱۲) در یک متاآنالیز نشان دادند که مصرف بتاآلانین می‌تواند به طور قابل توجهی عملکرد ورزشی را در فعالیت‌های شدید و کوتاه‌مدت بهبود بخشد. از طرفی، گراهام (۲۰۰۱) در مطالعه‌ای نشان داد که مصرف کافئین می‌تواند عملکرد ورزشی را در فعالیت‌های استقامتی و قدرتی بهبود بخشد (صفری و همکاران، ۲۰۲۰). با این حال، تحقیقات کمی به بررسی تأثیرات ترکیبی این دو مکمل در کنار تمرینات تناوبی شدید پرداخته‌اند. به عنوان مثال، آرتیولی و همکاران (۲۰۱۰)

^۲ VO₂max

^۳ EPOC

در مطالعه‌ای نشان دادند که ترکیب تمرینات تناوبی شدید با مصرف بتاآلانین می‌تواند به طور قابل توجهی سطح کارنوزین عضلات را افزایش دهد و عملکرد ورزشی را بهبود بخشد (رحیمیان مشهد و همکاران، ۲۰۲۰).

روش پژوهش

این پژوهش از نوع نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام شد و هدف آن بررسی تأثیر مصرف مکمل‌های بتاآلانین و کافئین بر سطوح لاکتات خون و استقامت قلبی-عروقی در مردان فوتبالیست پس از یک دوره تمرین تناوبی شدید بود. جامعه آماری شامل مردان فوتبالیست ساکن شهر گناوه با حداقل سه سال سابقه فعالیت منظم در فوتبال بود که از بین داوطلبان، ۴۲ نفر به عنوان نمونه انتخاب و به صورت تصادفی در شش گروه ۷ نفره (تمرین تناوبی شدید، مکمل بتاآلانین، مکمل کافئین، تمرین تناوبی شدید + بتاآلانین، تمرین تناوبی شدید + کافئین و گروه کنترل) تقسیم شدند. معیارهای ورود شامل نداشتن بیماری‌های قلبی-عروقی، کلیوی، کبدی یا دیابت، عدم مصرف مکمل‌ها یا داروهای تأثیرگذار در دو ماه گذشته و عدم ابتلا به عفونت یا سرماخوردگی در طول پژوهش بود. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ و آزمون‌های آماری شامل شاپیرو-ویلک برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها، t همبسته برای مقایسه تغییرات درون گروهی و تحلیل واریانس یک‌طرفه^۴ برای مقایسه تغییرات بین گروهی تجزیه و تحلیل شدند. در صورت مشاهده تفاوت معنی‌دار، از آزمون تعقیبی توکی برای شناسایی دقیق‌تر تفاوت‌ها استفاده شد و سطح معنی‌داری $p > 0/05$ در نظر گرفته شد. این روش‌شناسی امکان ارزیابی دقیق تأثیرات ترکیبی تمرینات و مکمل‌ها بر عملکرد ورزشی و شاخص‌های فیزیولوژیکی را فراهم کرد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در جدول ۱ میانگین و انحراف معیار سن، قد، وزن و BMI آزمودنی‌های تحقیق در شش گروه ارائه شده است. جدول ۱: مشخصات آنتروپومتری آزمودنی‌ها

گروه	تعداد	سن (سال)		قد (سانتیمتر)		وزن پیش آزمون (کیلوگرم)		BMI (kg/m^2)	
		میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
تمرین HIIT	۷	۲۲/۶۸	۱/۱۷	۱۸۰/۳۸	۲/۵۳	۶۹/۹۰	۴/۱۶	۲۱/۵۶	۱/۵۹
مکمل بتاآلانین	۷	۲۳/۲۵	۲/۲۳	۱۷۹/۵۰	۲/۳۴	۷۰/۷۵	۳/۲۰	۲۲/۲۹	۱/۳۸
مکمل کافئین	۷	۲۲/۶۲	۲/۵۳	۱۸۱/۲۶	۲/۵۶	۷۱/۴۸	۳/۵۸	۲۲/۶۹	۱/۵۱
تمرین + بتاآلانین	۷	۲۱/۶۷	۱/۴۷	۱۷۹/۹۸	۱/۷۸	۷۰/۲۸	۲/۵۴	۲۱/۲۸	۱/۵۴
تمرین + کافئین	۷	۲۲/۵۵	۱/۶۵	۱۸۰/۱۸	۲	۷۰/۷۸	۱/۴۶	۲۲/۰۶	۱/۴۱
کنترل	۷	۲۲/۶۲	۱/۸۵	۱۷۹/۱۷	۱/۸۸	۷۱/۱۲	۱/۷۶	۲۱/۴۹	۱/۲۲

آزمون فرضیات تحقیق

پیش از آزمون فرضیات به منظور اطمینان از طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده کردیم که نتایج در جدول ۲ ارائه شده است.

^۴ ANOVA

جدول ۲: آزمون شاپیرو-ویلک (بررسی نرمال بودن) مربوط به متغیرهای تحقیق

متغیرها	گروه	مقدار آماره آزمون	مقدار احتمال
استقامت	HIIT	۰/۸۸	۰/۱۸
	بتاآلانین	۰/۹۶	۰/۴۹
	کافئین	۰/۸۴	۰/۱۶
	تمرین+بتاآلانین	۰/۹۲	۰/۴۱
	تمرین+کافئین	۰/۷۹	۰/۱۲
	کنترل	۰/۹۲	۰/۴۰
اسیدلاکتیک استراحتی	HIIT	۰/۹۴	۰/۷۰
	بتاآلانین	۰/۹۳	۰/۵۳
	کافئین	۰/۸۹	۰/۲۳
	تمرین+بتاآلانین	۰/۹۴	۰/۷۶
		۰/۷۸	۰/۱۳
	کنترل	۰/۹۶	۰/۸۴
اسیدلاکتیک حداکثر	HIIT	۰/۹۸	۰/۹۷
	بتاآلانین	۰/۹۰	۰/۳۸
	کافئین	۰/۸۱	۰/۲۰
	تمرین+بتاآلانین	۰/۸۶	۰/۴۴
	تمرین+کافئین	۰/۹۶	۰/۸۵
	کنترل	۰/۹۲	۰/۴۰

اطلاعات آزمون فوق طبیعی بودن توزیع تمامی متغیرهای مورد بررسی را نشان می دهد ($p > 0.05$) و بنابراین با اطمینان می توانیم از روش های پارامتریک برای آزمون فرضیات استفاده کنیم.

فرضیه اول: بین اثر مصرف مکمل بتاآلانین و کافئین بر سطوح لاکتات استراحتی خون پس از یک دوره تمرین تناوبی شدید در مردان فوتبالیست تفاوت معنی داری وجود ندارد.

نتایج آزمون t همبسته به منظور مقایسه پیش آزمون و پس آزمون لاکتات استراحتی در شش گروه در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳: مقایسه درون گروهی میزان لاکتات استراحتی قبل و بعد از تمرین در شش گروه

پیش آزمون		پس آزمون			
میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	t	p
شاخص آماری متغیر					
۲/۱۹	۰/۱۲	۲/۰۵	۰/۱۱	۲/۰۴	۰/۰۹
لاکتات استراحتی (HIIT)					
۲/۳۶	۰/۲۵	۲/۳۳	۰/۱۸	۰/۲۵	۰/۸۱
لاکتات استراحتی (بتاآلانین)					
۲/۲۴	۰/۱۲	۲/۲۲	۰/۲۴	۰/۲۸	۰/۷۹
لاکتات استراحتی (کافئین)					
۲/۱۸	۰/۲۰	۲/۷۳	۰/۱۷	۵/۶۶	۰/۰۰۱
لاکتات استراحتی (تمرین و بتاآلانین)					

لاکتات استراحتی (تمرین و کافئین)	۲/۱۵	۰/۲۰	۱/۷۳	۰/۳۳	۳/۵۵	۰/۱۲
لاکتات استراحتی (کنترل)	۲/۳۰	۰/۱۵	۲/۲۸	۰/۱۳	۰/۲۹	۰/۷۸

با توجه به p مشاهده شده در گروه تمرین + بتاآلانین ($p < ۰,۰۰۱$) و تمرین + کافئین ($p < ۰,۰۱۲$) اختلاف میانگین لاکتات استراحتی بین پیش آزمون و پس آزمون در هر دو گروه تمرین به همراه مکمل معنادار می باشد، یعنی هر دو روش تمرین تناوبی با شدت بالا همراه با بتاآلانین و کافئین باعث کاهش معنادار در لاکتات استراحتی شده اند. در گروه های تمرین ($p = ۰,۰۹$)، مکمل بتاآلانین ($p = ۰,۸۱$)، مکمل کافئین ($p = ۰,۷۹$) و کنترل ($p = ۰,۷۸$) مقدار p مشاهده شده بزرگتر از $۰/۰۵$ می باشد که نشان دهنده عدم تفاوت بین پیش و پس آزمون میانگین لاکتات استراحتی آزمودنیها در بقیه گروه ها است.

نتایج آزمون ANOVA برای مقایسه بین گروهها در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴: نتایج آزمون تفاوت تغییرات لاکتات استراحتی پیش و پس از تمرینات در شش گروه

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معناداری
بین گروهی	۱/۴۳	۵	۰/۲۹	۴/۸۷	۰/۰۰۲
درون گروهی	۲/۱۲	۳۶	۰/۰۶		
کل	۳/۵۵	۴۱			

با توجه به اطلاعات جدول آزمون آنالیز واریانس یک راهه ($F(۵,۴۱) = ۴,۸۷$, $p < ۰,۰۰۲$) بین میانگین تغییرات لاکتات استراحتی در شش گروه تفاوت معنادار وجود دارد. برای بررسی اینکه این تفاوت مربوط به کدام گروه هاست از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد که نتایج در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵: نتایج آزمون مقایسات بین شش گروه با استفاده از آزمون توکی

مقایسات زوجی	اختلاف میانگین	خطای معیار	p
بتاآلانین	۰/۱۰	۰/۱۳	۰/۹۶
کافئین	۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۹۵
تمرین و بتاآلانین	* ۰/۳۱	۰/۱۳	۰/۰۴
تمرین و کافئین	* ۰/۲۸	۰/۱۳	۰/۰۴
کنترل	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۹۴
کافئین	۰/۰۰۱	۰/۱۳	۰/۹۹
تمرین و بتاآلانین	* ۰/۴۱	۰/۱۳	۰/۰۳
تمرین و کافئین	* ۰/۳۹	۰/۱۳	۰/۰۴
کنترل	۰/۰۲	۰/۱۳	۰/۹۹
تمرین و بتاآلانین	* ۰/۴۲	۰/۱۳	۰/۰۳
تمرین و کافئین	* ۰/۳۹	۰/۱۳	۰/۰۴۵
کنترل	۰/۰۱	۰/۱۳	۰/۹۹
تمرین و کافئین	۰/۰۳	۰/۱۳	۰/۹۹
کنترل	* ۰/۴۳	۰/۱۳	۰/۰۲
تمرین و کافئین	* ۰/۴۱	۰/۱۳	۰/۰۴

اطلاعات جدول نشان می دهند بین میانگین تغییرات لاکتات استراحتی در دو گروه تمرین به همراه مکمل بتاآلانین و تمرین به همراه کافئین با سایر گروهها تفاوت معناداری وجود دارد و بین گروههای دیگر با هم تفاوتی مشاهده نشده است. یعنی با

وجود تاثیر هر دو روش تمرین همراه با مصرف مکمل بتاآلانین و کافئین در کاهش لاکتات استراحتی، اما بین اثر مصرف مکمل بتاآلانین و کافئین بر سطوح لاکتات استراحتی خون پس از یک دوره تمرین تناوبی شدید در مردان فوتبالیست تفاوت معنی داری وجود ندارد. یعنی فرض صفر تایید و فرضیه تحقیق رد میشود.

فرضیه دوم: بین اثر مصرف مکمل بتاآلانین و کافئین بر سطوح لاکتات حداکثر خون پس از یک دوره تمرین تناوبی شدید در مردان فوتبالیست تفاوت معنی داری وجود ندارد.

نتایج آزمون t همبسته به منظور مقایسه پیش آزمون و پس آزمون لاکتات حداکثر در شش گروه در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶: مقایسه درون گروهی میزان لاکتات حداکثر قبل و بعد از تمرین در شش گروه

پیش آزمون		پس آزمون			
میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	t	p
۱۲/۸۶	۰/۶۲	۱۳/۲۷	۰/۷۳	۱/۲۳	۰/۲۶
۱۳/۱۲	۰/۳۴	۱۳/۱۶	۰/۴۲	۰/۱۸	۰/۸۶
۱۳/۲۴	۰/۶۳	۱۳/۲۰	۰/۴۴	۰/۱۳	۰/۹۰
۱۳/۱۵	۰/۴۸	۱۱/۳۴	۰/۳۷	۱۲/۳۸	۰/۰۰۰۱
۱۳/۱۵	۰/۵۷	۱۱/۱۴	۰/۲۵	۵/۰۹	۰/۰۰۲
۱۲/۹۷	۰/۳۷	۱۳/۰۲	۰/۴۵	۰/۲۷	۰/۸۰

با توجه به p مشاهده شده در گروه تمرین + بتاآلانین ($p < ۰,۰۰۰۱$) و تمرین + کافئین ($p < ۰,۰۰۲$) اختلاف میانگین لاکتات حداکثر بین پیش آزمون و پس آزمون در هر دو گروه تمرین به همراه مکمل معنادار می باشد، یعنی هر دو روش تمرین تناوبی با شدت بالا همراه با بتاآلانین و کافئین باعث کاهش معنادار در لاکتات حداکثر بوده اند. در گروه های تمرین ($p=۰,۲۶$)، مکمل بتاآلانین ($p=۰,۸۶$)، مکمل کافئین ($p=۰,۹۰$) و کنترل ($p=۰,۸۰$) مقدار p مشاهده شده بزرگتر از ۰/۰۵ می باشد که نشان دهنده عدم تفاوت بین پیش و پس آزمون میانگین لاکتات حداکثر آزمودنیها در بقیه گروه ها است.

نتایج آزمون ANOVA برای مقایسه بین گروهها در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۷: نتایج آزمون تفاوت تغییرات لاکتات استراحتی پیش و پس از تمرینات در شش گروه

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معناداری
بین گروهی	۲۸	۵	۵/۶۷	۱۲/۵۶	۰/۰۰۰۱
درون گروهی	۱۶	۳۶	۰/۴۵		
کل	۴۴	۴۱			

با توجه به اطلاعات جدول آزمون آنالیز واریانس یک راهه ($F(۵,۴۱)=۱۲,۵۶, p < ۰,۰۰۰۱$) بین میانگین تغییرات لاکتات حداکثر در شش گروه تفاوت معنادار وجود دارد. برای بررسی اینکه این تفاوت مربوط به کدام گروه هاست از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد که نتایج در جدول ۸ ارائه شده است.

جدول ۸: نتایج آزمون مقایسات بین شش گروه با استفاده از آزمون توکی

مقایسات زوجی		اختلاف میانگین	خطای معیار	p
تمرین تناوبی شدید	بتاآلانین	۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۸۹
	کافئین	۰/۴۵	۰/۳۶	۰/۸۰
	تمرین و بتاآلانین	۱/۷۷ *	۰/۳۶	۰/۰۰۰۱
	تمرین و کافئین	۰/۸۸ *	۰/۳۶	۰/۰۴

٠/٩٠	٠/٣٦	٠/٣٥	كنترول	
٠/٩٩	٠/٣٦	٠/٠٧	كافئين	
٠/٠٠٠١	٠/٣٦	٢/٢٢ *	تمرين و بتآلانين	بتآلانين
٠/٠١٤	٠/٣٦	١/٢٥ *	تمرين و كافئين	
٠/٩٨	٠/٣٦	٠/٠٢	كنترول	
٠/٠٠٠١	٠/٣٦	٢/٢٣ *	تمرين و بتآلانين	
٠/٠٠٩	٠/٣٦	١/٣٢ *	تمرين و كافئين	كافئين
٠/٩٩	٠/٣٦	٠/١	كنترول	
٠/١٩	٠/٣٦	٠/٩٠	تمرين و كافئين	تمرين و بتآلانين
٠/٠٠٠١	٠/٣٦	٢/١٣ *	كنترول	
٠/٠٢	٠/٣٦	١/٢٢ *	كنترول	تمرين و كافئين

اطلاعات جدول نشان می‌دهند بین میانگین تغییرات لاکتات حداکثر در دو گروه تمرین به همراه مکمل بتا آلانین و تمرین به همراه کافئین با سایر گروهها تفاوت معناداری وجود دارد و بین گروهها با هم تفاوتی مشاهده نشده است. یعنی با وجود تاثیر هر دو روش تمرین همراه با مصرف مکمل بتا آلانین و کافئین در افزایش لاکتات حداکثر، بین اثر مصرف مکمل بتا آلانین و کافئین بر سطوح لاکتات حداکثر خون پس از یک دوره تمرین تناوبی شدید در مردان فوتبالیست تفاوت معنی داری وجود ندارد.

فرضیه سوم: بین اثر مصرف مکمل بتاآلانین و کافئین بر استقامت قلبی عروقی پس از یک دوره تمرین تناوبی شدید در مردان فوتبالیست تفاوت معنی داری وجود ندارد.

نتایج آزمون t همبسته به منظور مقایسه پیش آزمون و پس آزمون BMI در شش گروه در جدول ۹ ارائه شده است.

جدول ۹: مقایسه درون گروهی رکورد آزمون استقامت قبل و بعد از تمرین در شش گروه

پیش آزمون		پس آزمون			
میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	t	p
۲۳۸۵	۶۲/۷۵	۲۴۳۰	۴۴/۸۳	۳/۲۷	۰/۰۲
۲۳۶۶	۶۳/۲۵	۲۳۷۷	۲۹/۷۷	۰/۵۶	۰/۵۹
۲۳۴۲	۴۶/۱۶	۲۳۶۱	۴۶/۶۸	۰/۸۵	۰/۴۳
۲۳۳۵	۵۲/۹۹	۲۵۹۷	۴۰/۷۲	۸/۶۶	۰/۰۰۰۱
۲۳۶۰	۶۹/۳۴	۲۵۰۰	۷۵/۵۴	۴/۹۳	۰/۰۰۳
۲۳۴۶	۵۸/۷۹	۲۳۳۷	۵۵/۵۰	۰/۲۰	۰/۸۵

با توجه به p مشاهده شده در گروه تمرین ($p < 0,002$)، تمرین + بتآلآنین ($p < 0,0001$) و تمرین + کافئین ($p < 0,003$) اختلاف میانگین آزمون استقامت بین پیش آزمون و پس آزمون در هر سه گروه تمرین می باشد، یعنی هر تمرین تناوبی با شدت بالا هم بصورت جداگانه و هم با مصرف بتآلآنین و کافئین باعث افزایش معنادار در استقامت قلبی عروقی بوده اند. در گروه های مکمل بتآلآنین ($p = 0,09$)، مکمل کافئین ($p = 0,43$) و کنترل ($p = 0,85$) مقدار p مشاهده شده بزرگتر از $0,05$ می باشد که نشان دهنده عدم تفاوت بین پیش و پس آزمون میانگین آزمون استقامت آزمودنیها در بقیه گروه ها است.

نتایج آزمون ANOVA برای مقایسه بین گروه‌ها در جدول ۱۰ ارائه شده است.

جدول ۱۰: نتایج آزمون تفاوت تغییرات لاکتات استراحتی پیش و پس از تمرینات در شش گروه

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معناداری
بین گروهی	۳۷۹۳۸۳	۵	۷۵۸۷۶	۱۵/۹۵	۰/۰۰۰۱
درون گروهی	۱۷۱۳۱۴	۳۶	۴۷۵۸		
کل	۵۵۰۶۹۷	۴۱			

با توجه به اطلاعات جدول آزمون آنالیز واریانس یک راهه ($F(5,41)=15.96, p<0.0001$) بین میانگین تغییرات آزمون استقامت در شش گروه تفاوت معنادار وجود دارد. برای بررسی اینکه این تفاوت مربوط به کدام گروه هاست از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد که نتایج در جدول ۱۱ ارائه شده است.

جدول ۱۱: نتایج آزمون مقایسات بین شش گروه با استفاده از آزمون توکی

مقایسات زوجی	اختلاف میانگین	خطای معیار	p
بتاآلانی	۳۴	۳۷	۰/۹۳
کافئین	۲۵	۳۷	۰/۹۸
تمرین و بتاآلانی	۲۱۷*	۳۷	۰/۰۰۰۱
تمرین و کافئین	۹۵*	۳۷	۰/۰۴
کنترل	۵۲	۳۷	۰/۷۱
کافئین	۹	۳۷	۰/۹۹
تمرین و بتاآلانی	۲۵۲*	۳۷	۰/۰۰۰۱
تمرین و کافئین	۱۳۰*	۳۷	۰/۰۱۴
کنترل	۱۷	۳۷	۰/۹۸
تمرین و بتاآلانی	۲۴۳*	۳۷	۰/۰۰۰۱
تمرین و کافئین	۱۲۰*	۳۷	۰/۰۲۹
کنترل	۱۷	۳۷	۰/۹۷
تمرین و کافئین	۱۲۰*	۳۷	۰/۰۲
کنترل	۲۸۹*	۳۷	۰/۰۰۰۱
کنترل	۱۴۷*	۳۷	۰/۰۰۲

اطلاعات جدول نشان می دهند بین میانگین تغییرات آزمون استقامت در دو گروه تمرین به همراه مکمل بتاآلانی و تمرین به همراه کافئین با سایر گروهها تفاوت معناداری وجود دارد و بین بقیه گروهها با هم تفاوتی مشاهده نشده است. یعنی با وجود تاثیر هر دو روش تمرین همراه با مصرف مکمل بتاآلانی و کافئین در افزایش استقامت قلبی عروقی، اما بین اثر مصرف مکمل بتاآلانی و کافئین بر استقامت قلبی عروقی پس از یک دوره تمرین تناوبی شدید در مردان فوتبالیست تفاوت معنی داری وجود ندارد. از این رو فرضیه تحقیق رد و فرضیه صفر مورد قبول واقع می گردد.

بحث و نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که ترکیب تمرینات تناوبی شدید (HIIT) با مصرف مکمل های بتاآلانی و کافئین تأثیرات قابل توجهی بر کاهش سطوح لاکتات خون و بهبود استقامت قلبی-عروقی در مردان فوتبالیست دارد. گروههایی که ترکیبی از تمرینات تناوبی شدید و مکمل ها را دریافت کردند، کاهش معنی داری در سطوح لاکتات استراحتی و حداکثری نشان دادند. این کاهش لاکتات می تواند ناشی از افزایش ظرفیت بافری عضلات و بهبود متابولیسم لاکتات باشد. بتاآلانی با افزایش سطح کارنوزین عضلانی، به کاهش تجمع یون های هیدروژن و بهبود عملکرد در فعالیت های شدید کمک کرد. کارنوزین به عنوان یک بافر طبیعی، pH عضلانی را در طول فعالیت های شدید تنظیم می کند و از این طریق خستگی را به تأخیر می اندازد. از سوی

دیگر، کافئین با مهار گیرنده های آدنوزین و افزایش ترشح کاتکولامین ها، متابولیسم چربی را بهبود بخشید و مصرف گلیکوزن عضلانی را کاهش داد. این مکانیسم ها به طور همزمان باعث افزایش استقامت قلبی-عروقی و کاهش خستگی شدند.

گروه هایی که تنها تمرینات تناوبی شدید یا مکمل ها را دریافت کردند، بهبودهایی در سطوح لاکتات و استقامت قلبی-عروقی نشان دادند، اما این بهبودها در مقایسه با گروه های ترکیبی کمتر بود. این موضوع نشان می دهد که ترکیب تمرینات تناوبی شدید با مکمل های ورزشی می تواند اثرات سینرژیستی داشته باشد و تأثیرات مثبت هر یک از این عوامل را تقویت کند. به عبارت دیگر، تمرینات تناوبی شدید به تنهایی می توانند ظرفیت هوازی و عملکرد قلبی-عروقی را بهبود بخشند، اما مصرف همزمان مکمل هایی مانند بتا آلانین و کافئین می تواند این تأثیرات را به طور قابل توجهی افزایش دهد. این یافته ها با مطالعات پیشین مانند هابسون و همکاران (۲۰۱۲) و گراهام (۲۰۰۱) همسو است که نشان دادند مصرف این مکمل ها می تواند عملکرد ورزشی را در فعالیت های شدید و استقامتی بهبود بخشد.

از سوی دیگر، گروه کنترل که هیچ مداخله ای دریافت نکرد، تغییرات معنی داری در سطوح لاکتات و استقامت قلبی-عروقی نشان نداد. این امر تأثیر مثبت تمرینات و مکمل ها را بر عملکرد ورزشی تأیید می کند و نشان می دهد که بهبودهای مشاهده شده در گروه های دیگر ناشی از مداخلات انجام شده است. همچنین، این نتایج نشان می دهد که تمرینات تناوبی شدید به تنهایی می توانند تأثیرات مثبتی بر عملکرد ورزشی داشته باشند، اما ترکیب این تمرینات با مکمل های ورزشی می تواند این تأثیرات را به حداکثر برساند.

با توجه به یافته های این پژوهش، پیشنهاد می شود که مربیان و ورزشکاران رشته های ورزشی نیازمند استقامت قلبی-عروقی و تحمل فشارهای شدید، مانند فوتبال، از ترکیب تمرینات تناوبی شدید با مکمل های بتا آلانین و کافئین به عنوان یک راهکار مؤثر برای بهبود عملکرد و کاهش خستگی استفاده کنند. همچنین، انجام مطالعات بیشتر با نمونه های بزرگ تر و در بازه های زمانی طولانی تر می تواند به درک بهتر تأثیرات بلندمدت این ترکیب کمک کند. بررسی تأثیرات این مداخلات بر سایر شاخص های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی، مانند سطوح هورمون های مرتبط با استرس و التهاب، نیز می تواند به تکمیل دانش موجود در این زمینه کمک کند. علاوه بر این، پژوهش های آینده می توانند به بررسی تأثیرات جنسیتی و سنی این مداخلات بپردازند تا مشخص شود آیا این نتایج در زنان ورزشکار یا گروه های سنی مختلف نیز قابل تعمیم است یا خیر. در نهایت، بررسی تأثیرات دوزهای مختلف مکمل ها و شدت های متفاوت تمرینات تناوبی شدید می تواند به بهینه سازی برنامه های تمرینی و تغذیه ای برای ورزشکاران کمک کند. این پژوهش ها می توانند به توسعه پروتکل های شخصی سازی شده برای ورزشکاران در سطوح مختلف کمک کنند و راهکارهای مؤثری برای بهبود عملکرد و کاهش خستگی ارائه دهند.

منابع

اصل محمدی زاده، محمود، افراسیابی، صالح، اصل محمدی. (۲۰۲۰). اثر ۲۴ هفته مداخله ای تمرین تناوبی شدید و رژیم های غذایی بر تغییرات شاخص اینترلوکین ۶ در بیماران مرد دیابتی نوع دو چاق. مجله دیابت و متابولیسم ایران. ۱۳۶-۱۱۷، (۲)، ۲۰.

امیرشقایق، فرحناز، کرمجانی، فاطمه. (۱۴۰۱). تأثیر هشت هفته تمرینات HIIT کم حجم و پر حجم بر پاسخ لاکتات و برخی شاخص های عملکردی قایقرانان کانو کاندایی. فصلنامه زیست شناسی جانوری. ۴۸-۳۹، (۳)، ۱۴.

امنی، فرح، نورانی پیله رود، محسن زاده، آقایی. (۲۰۱۹). تأثیر مکمل سازی کوتاه مدت با کورکومین بر سوپراکسید دیسموتاز، گلو تاتیون ردوکتاز، گلو تاتیون پراکسیداز و کاتالاز سرم بازیکنان بسکتبال. مجله دانشگاه علوم پزشکی فسا، (۴)، ۹، ۱۸۳۷-۱۸۴۷.

اکبرپور محسن، گنجی محدثه، تپه رشی گیتی، هاشمی ماد رضا، حسنی محمد. (۱۴۰۱). مقایسه ی تاثیر ۸ هفته تمرین TRX و مقاومتی سنتی بر کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز زنان غیر فعال. مجله علوم پزشکی رازی- ۶۳, ۲۹(۲), ۷۴.

ایل بیگی، سعید، ثاقب جو، مرضیه، مرشدی، علیرضا. (۱۴۰۰). مقایسه تاثیر تمرینات اختصاصی والیبال روی سطوح تمرینی مختلف بر لاکتات خون و کوفتگی عضلانی متعاقب یک جلسه فعالیت ورزشی حاد در پسران والیبالیست. پژوهشنامه فیزیولوژی ورزشی کاربردی. ۵۵-۴۴, ۱۷(۳۴), ۱۷.

ابراهیم زاده، عزیزبیگی، کمال، محمدزاده سلامت، خالید، پاشایی، سامان. (۲۰۲۱). تأثیر تمرین هوازی و کورکومین بر سطوح آپلین، مقاومت به انسولین و گلوکز در موش های صحرایی مبتلا به دیابت نوع ۲. تحقیقات در علوم ورزشی و گیاهان دارویی. ۱(۳), ۱.

دلفانی، نوشین، پیری، مقصود، متین همائی، حسن. (۲۰۲۱). اثر تمرین هوازی و عصاره هیدروالکلی گیاه خارخاسک بر نشانگران فشار اکسیداتیو بافت ریه در رتهای نر مسموم شده با پراکسید هیدروژن. مجله علوم پزشکی رازی. ۶۸-۷۹, ۲۸(۳), ۲۸.

صادق قمی، کاشف، شهیدی، صالح پور، جوادی، مهری، نوروزی نیا. (۱۴۰۰). مقایسه اثر هشت هفته تمرین در آب، نردبان مقاومتی و دویدن استقامتی بر کاتالاز، مالون دی آلدئید، واسپین و مقاومت به انسولین در موش های بزرگ آزمایشگاهی نر. دانشور پزشکی. ۶۹-۵۸, ۲۹(۶), ۲۹.

صانعی، پروانه، وکیلی، جواد، امیرساسان، رامین. (۱۴۰۰). تأثیر چهار هفته تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون بر عوامل هورمونی آنابولیک، نیتریک اکساید و لاکتات مردان سنگنورد. نشریه علوم زیستی ورزشی. ۳۴-۲۴, ۴(۴), ۴.

صارمی عباس، فاضل مصلح آبادی محمد، پرستش محمد. (۱۴۰۲). اثر ۱۲ هفته تمرین قدرتی بر سطح سرمی کمرین، پروتئین واکنشگر C و فاکتور نکروز دهنده تومور آلفا در افراد مبتلا به سندروم متابولیک.

صفری، ملانوری شمسی، آقا علی نژاد، سیناپور، فرزانه. (۲۰۲۰). تأثیر چهار هفته تمرین تناوبی شدید همراه با محدودیت جریان خون بر آمادگی قلبی عروقی و سطوح سرمی سایتوکاین های التهابی اینترلوکین-۶ و اینترلوکین-۱۷ در مردان جوان فعال. نشریه علوم زیستی ورزشی. ۲۴۷-۲۳۵, ۱۲(۲), ۱۲.

فرحانی، فرید، ریاحی، علی. (۱۳۹۸). مقایسه سه روش تمرین مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون بر آمادگی قلبی تنفسی و شاخص های عملکردی سربازان. مجله طب نظامی. ۸۱-۷۳, ۲۱(۱), ۲۱.

مرادپوریان محمدرضا، قنبریان گندم بانی امین. (۱۴۰۰). تأثیر کوتاه مدت تمرین هوازی شدید و مکمل یاری سیاه دانه بر سطوح سرمی مالون دی آلدئید و سوپراکسید دیسموتاز مردان جوان. مجله فیزیولوژی و فارماکولوژی ایران, ۵, ۱۸۶-۱۹۵.

مژده خواجه لندی، لطفعلی بلبل، معرفت سیاهکوهیان، فاطمه نیک سرشت. (۲۰۲۰). تاثیر ۱۲ هفته تمرین پیلاتس بر سطوح سرمی اینترلوکین-۶، پروتئین واکنشگر C و فاکتور نکروز تومور آلفا در زنان غیرفعال دارای اضافه وزن.

نوروزیان، رحیم، زرنشان، اعظم، آزالی علمداری، کریم. (۱۴۰۰). اثر شش هفته تمرین تنفسی بر کربوکسی هموگلوبین، لاکتات، تعداد و حجم متوسط پلاکتی و برخی متغیرهای همودینامیکی مردان سیگاری. نشریه علوم زیستی ورزشی, ۱۵-۲۵, ۴(۴), ۴.

یعقوبی، رضا، روشندل، علی، حصاری، امین. (۱۳۹۸). تأثیر هشت هفته تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIT) و تمرینات صبحگاهی بر آمادگی جسمانی کارکنان فرماندهی انتظامی استان خراسان شمالی. فصلنامه علمی دانش انتظامی خراسان شمالی. ۱۹-۷، ۵(۲۰)،

Comparison of the Effects of Beta-Alanine and Caffeine Supplementation on Blood Lactate Levels and Cardiovascular Endurance Following a Period of High-Intensity Interval Training in Male Soccer Players

Abstract

This study aimed to investigate the effects of beta-alanine and caffeine supplementation on blood lactate levels and cardiovascular endurance in male soccer players after a period of high-intensity interval training (HIIT). In this semi-experimental study, ۴۲ male soccer players were randomly divided into six groups: HIIT alone, beta-alanine supplementation, caffeine supplementation, HIIT + beta-alanine, HIIT + caffeine, and a control group. The training program was conducted over ۸ weeks, with three sessions per week. Resting and maximal lactate levels, as well as cardiovascular endurance, were measured before and after the intervention. Data were analyzed using paired t-tests and one-way analysis of variance (ANOVA). The results showed that combining HIIT with beta-alanine and caffeine supplementation significantly reduced blood lactate levels and improved cardiovascular endurance. The combined groups demonstrated greater improvements compared to those who only engaged in training or received supplements alone. These findings suggest that combining HIIT with beta-alanine and caffeine supplementation can be an effective strategy for enhancing athletic performance and reducing fatigue in soccer players.

Keywords: High-Intensity Interval Training (HIIT), Beta-Alanine, Caffeine, Blood Lactate, Cardiovascular Endurance, Soccer Players.