

تأثیر مکمل گیری کوتاه مدت کراتین و کراتین همراه با کربوهیدرات بر عملکرد بی هوازی فوتبالیست های جوان

دکتر ضیاء فلاح محمدی^۱

دکتر شادمهر میردار^۲

امیر اسماعیلی^۳

ملیحه قلی نژاد^۴

چکیده

هدف از پژوهش حاضر تعیین تأثیر مکمل گیری کوتاه مدت کراتین مونوهیدرات به صورت مجزا و همراه با کربوهیدرات بر عملکرد بی هوازی بازیکنان جوان فوتبال بود. آزمودنی های پژوهش را، ۲۱ بازیکن رده سنی زیر بیست و یک سال با میانگین سنی 19.61 ± 1.61 سال تشکیل می دادند که به صورت داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند. آزمودنی ها پس از اندازه گیری ترکیب بدنی آزمون پرش با افت اولیه (CMJT) و RAST را انجام دادند. سپس به صورت تصادفی به سه گروه ۷ نفره؛ کراتین+کربوهیدرات (۵ گرم کراتین + ۲۵ گرم کربوهیدرات، ۴ وعده در روز)؛ کراتین (۵ گرم کراتین، ۴ وعده در روز) و دارونما تقسیم شدند. مکمل گیری به روش دو سوکور و به مدت پنج روز متوالی انجام شد و پس از آن آزمون گیری مشابه با پیش آزمون تکرار گردید. برای بررسی تغییرات درون گروهی از آزمون ۲ هم بسته و برای تغییرات بین گروهی از آنالیز واریانس یک طرفه، در سطح معنی داری $p \leq 0.05$ استفاده شد. نتایج درون گروهی حاکی از افزایش معنی دار در حد اکثر و میانگین توان بی هوازی و عدم تغییر معنی دار در شاخص - خستگی و ارتفاع CMJT در دو گروه کراتین + کربوهیدرات و کراتین بود. علاوه بر این یافته های بین گروهی تفاوت معنی داری بین تغییرات سه گروه در متغیرهای حد اکثر و میانگین توان بی هوازی، شاخص خستگی و CMJT نشان نداد. به طور کلی با توجه به یافته های پژوهش می توان چنین نتیجه گیری کرد که اگرچه مصرف کراتین همراه با کربوهیدرات نسبت به کراتین تنها، اختلاف معنی داری در عملکردهای بی هوازی نداشت، بهبودهای اندکی علی رغم افزایش وزن بدن در دو گروه کراتین مشاهده شد که ممکن است نقش تعیین کننده ای در عملکرد ورزشی داشته باشد.

واژه های کلیدی: مکمل گیری کوتاه مدت کراتین+کربوهیدرات، RAST، CMJT بازیکنان فوتبال.

۱. استادیار دانشگاه مازندران

۲. استادیار دانشگاه مازندران

۳. کارشناسی ارشد دانشگاه مازندران

۴. کارشناسی صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان

مقدمه

در فوتبال نوین و حرفه‌ای امروز که گاهی اوقات دو یا سه مسابقه در هفته برگزار می‌گردد، مربیان و ورزشکاران به دنبال راهکارهای علمی و منطقی برای بهره‌گیری از همه پتانسیل‌های موجود فیزیولوژیکی، جسمانی، روانی، تغذیه‌ای و... در جهت تحمل تمرینات طاقت‌فرسا و دستیابی به سطوح بالای عملکرد هستند. در این راستا راهبردهای تغذیه‌ای و مصرف مکمل‌های غذایی نیز جایگاه ویژه‌ای را در بین ورزشکاران به خود اختصاص داده است؛ اما به طور مشخص آن‌ها در صدد استفاده از مکمل‌هایی هستند که علاوه بر تأثیر مثبت در اجرای ورزشی، دارای عوارض جانبی کمتر، قیمت ارزان‌تر و دور از هرگونه منع قانونی باشد. کراتین مونوهیدرات یکی از این مکمل‌هاست که به عنوان رایج‌ترین مکمل نیروزا مطرح است (۲۰) به طوری که بررسی‌ها نشان داده‌اند ۱۷ تا ۷۴ درصد ورزشکاران رده‌های سنی مختلف از مکمل کراتین استفاده می‌کنند (۲۷).

کراتین در بدن به وسیله کبد، کلیه و لوزالمعده سنتز می‌شود و همچنین از طریق تغذیه نیز وارد بدن می‌شود. حدود ۹۵٪ کراتین بدن در عضلات اسکلتی ذخیره می‌شود که ۶۰ تا ۷۰٪ آن فسفریله شده و به فسفوکراتین (PCr) که نقش مهمی در تولید بی‌هوازی آدنوزین تری فسفات (ATP) دارد، تبدیل می‌شود (۱۵،۴). به خوبی ثابت شده است که مکمل‌گیری کوتاه‌مدت کراتین (۱۵ - ۲۰ گرم در روز به مدت ۴ - ۷ روز) با افزایش جذب کراتین و فسفو کراتین عضله به مقدار ۲۰ تا ۵۰ درصد همراه است (۱۶،۱۵،۱۱،۳). بر این اساس پژوهش‌هایی احتمال خاصیت نیروزایی و بهبود عملکرد را به دنبال افزایش ذخایر کراتین درون عضلانی در رشته‌های مختلف ورزشی مانند دوچرخه سواری (۳۸)، کشتی (۱۸)، دومیدانی (۳۱)، هاکی روی یخ (۹)، شنا (۳۶،۲۱)، هندبال (۱۷،۳)، اسکواش (۲۹)، تنیس (۲۶) و راگبی (۳) مورد بررسی قرار داده‌اند و نتایج متفاوتی را گزارش کرده‌اند. از سوی دیگر با توجه به این که فوتبال از جمله ورزش‌هایی است که در آن فعالیت‌های تناوبی شدید کوتاه‌مدت و انفجاری (کورس گذاشتن جهت تصاحب توپ، پرش‌ها، تکل‌ها و...) نقش تعیین‌کننده‌ای در سرنوشت آن دارد (۲۸)، برخی از پژوهش‌ها تأثیر مکمل کراتین را بر عملکردهای بی-هوازی بازیکنان فوتبال مورد بررسی قرار دادند و نتایج مثبتی را گزارش کرده‌اند (۲۵،۲۳،۱۹،۱۰). در حالی که برخی دیگر به نتایج قابل توجهی دست نیافتند (۳۲،۳۷). به طور کلی محققان، مکانیزم احتمالی بهبود عملکرد ورزشی به دنبال مکمل‌گیری کراتین را به افزایش فسفوکراتین در دسترس جهت تولید ATP در طول انقباضات عضلانی (۳۴،۱۵،۷،۶)، افزایش کراتین آزاد برای سنتز مجدد فسفوکراتین در دوره بازیافت (۴) و بهبود ظرفیت تامپونی عضله (۳۴،۱۵) نسبت داده‌اند. از سوی دیگر تحقیقات نشان داده‌اند، مکمل‌گیری کوتاه‌مدت کراتین همراه با کربوهیدرات نسبت به مصرف کراتین به تنهایی باعث جذب بهتر کراتین و حفظ آن در عضلات اسکلتی و در نتیجه افزایش کل کراتین عضله می‌شود (۱۳،۳۳). در این رابطه، گرین و همکارانش در پژوهشی که روی سه گروه آزمودنی شامل کراتین، کراتین همراه با کربوهیدرات و دارونما انجام دادند، گزارش کردند که میانگین تغییرات در غلظت‌های کراتین و فسفوکراتین عضله در گروه کراتین + کربوهیدرات پس از ۵ روز مکمل‌گیری همراه با محلول ۱۸/۵٪ کربوهیدرات، ۶۰٪ بیشتر از گروهی

بود که کراتین را به صورت مجزاً مصرف کردند (۱۳). از نکات مهمی که معمولاً نادیده گرفته می‌شود این - است که افراد مختلف، پاسخ‌های متفاوتی به مکمل‌گیری کراتین نشان می‌دهند. لذا در این رابطه در پژوهشی (۳۹) چنین بیان شد که مصرف کراتین همراه با کربوهیدرات، نوسان جذب آن را بین افراد کاهش می‌دهد و از آنجا که حدّ بالای تجمع کراتین در عضله ۱۵۵ تا ۱۶۰ میلی‌مول در کیلوگرم می‌باشد، در افراد مختلف هنگام مصرف با کربوهیدرات قابل دستیابی است. با این وجود با توجه به نتایج ارائه شده در پژوهش‌های فوق، در رابطه با تأثیر ارگوژنیک مکمل‌گیری کراتین همراه با کربوهیدرات بر بهبود عملکرد ورزشی، پژوهش‌های بسیار اندکی (۳۶،۳۵،۲۱) انجام شده است. تئودورو و همکارانش، تأثیر کراتین همراه با کربوهیدرات را بر عملکرد بی‌هوآزی مورد مطالعه قرار دادند. در این تحقیق تأثیر ۴روز مکمل‌گیری کراتین و کراتین+ کربوهیدرات در بین یک گروه آزمودنی مرد مورد مقایسه قرار گرفت. در پایان، وزن گروه کراتین+ کربوهیدرات افزایش یافت و عملکرد در هر دو گروه نسبت به کنترل بهبود یافت. درعین حال کراتین+ کربوهیدرات عملکرد بی‌هوآزی تکراری را بیشتر از کراتین تنها بهبود نداد (۳۵).

در همین رابطه مندز و همکارانش (۲۱)، تأثیر هشت روز مصرف کراتین همراه با کربوهیدرات (۵گرم کراتین+۲۰ گرم کربوهیدرات) را بر ۱۸ شناگر شامل ۱۲ مرد و ۶ زن با دامنه سنی تقریبی ۱۹ سال مورد بررسی قرار دادند. پروتکل آزمون در این پژوهش شامل ۳ ست و هر ست ۳×۵۰ متر شنای سرعتی با فواصل استراحت ۳۰ ثانیه بین هر یک از سرعت‌ها و ۱۵۰ ثانیه بین ست‌ها بود. نتایج، ضمن افزایش معنی‌دار در وزن بدن هیچ‌گونه بهبودی را در عملکرد نشان نداد. در پژوهشی دیگر که به وسیله تئودورو و همکارانش (۳۶) در رابطه با تأثیر مکمل‌گیری کراتین به صورت ترکیب با کربوهیدرات و مجزاً بر روی شناگران نخبه مورد بررسی قرار گرفت با وجودی که آزمودنی‌ها عملکرد بهتری را به دنبال دو شیوه مکمل‌گیری ترکیبی و مجزاً نشان دادند؛ اما این بهبودها در مقایسه بین دو گروه اختلاف معنی‌داری نداشت.

بنابراین به دلیل وجود نتایج ضد و نقیضی که در تحقیقات مشاهده می‌شود، هنوز تصویر روشنی از تأثیر مثبت مکمل کراتین در فوتبال ارائه نشده و از سوی پژوهش‌های انجام شده در رابطه با تأثیر ارگوژنیک آن بر اجرای ورزشی هنگام مصرف با کربوهیدرات بسیار اندک و عملاً بر روی بازیکنان فوتبال مورد بررسی قرار نگرفته است و همچنین تعداد اندک پژوهش‌های انجام شده بر روی بازیکنان فوتبال در کشور با وجود گرایش زیاد جوانان به این مکمل، پژوهش حاضر در نظر دارد به بررسی این موضوع بپردازد که آیا مکمل-گیری کوتاه‌مدت کراتین به صورت مجزاً و همراه با کربوهیدرات تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بی‌هوآزی بازیکنان فوتبال دارد؟

روش‌شناسی

جامعه و نمونه آماری پژوهش

جامعه آماری پژوهش را کلیه اعضای (۳۰ نفر) تیم فوتبال زیر ۲۱ سال شهرداری مازندران (امیرکلا) تشکیل دادند که هدف آن‌ها شرکت در مسابقات قهرمانی کشور بود. از میان آن‌ها ۲۲ نفر که از طریق

پرسش‌نامه مشخص شد، سابقه مصرف مکمل کراتین و یا هرگونه مکمل ورزشی دیگر نداشتند و نیز عاری از بیماری‌های قلبی عروقی، متابولیکی و عضلانی اسکلتی بودند به صورت داوطلبانه در پژوهش شرکت کردند. آزمودنی‌ها به طور میانگین ۴ جلسه و در مجموع ۶ ساعت در هفته در طی ۶ ماه گذشته تمرین ویژه فوتبال داشتند. مشخصات آزمودنی‌ها در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱. ویژگی‌های فردی آزمودنی‌های سه گروه

متغیر گروه	تعداد (نفر)	سن (سال)	قد (سانتی متر)	وزن (کیلوگرم)	توده چربی (درصد)	سابقه بازی (سال)
کراتین+کربوهیدرات	۷	۱۷۷ ± ۱۸/۸۵	۱۷۵/۷۱ ± ۵/۵۲	۴ ± ۶۷/۸۷	۳ ± ۸/۹۷	۰/۹۵ ± ۴/۷۱
کراتین	۷	۱۷۲ ± ۱۹/۲۸	۴/۴۷ ± ۱۷۴/۴۲	۳/۰۱ ± ۶۶/۹۵	۲/۶۲ ± ۷/۸۹	۰/۸۱ ± ۵
کنترل(دارونما)	۷	۱۷۵ ± ۱۸/۸۵	۵/۴۷ ± ۱۷۷/۲۱	۱۰/۸ ± ۷۳/۸۲	۳/۷۸ ± ۹/۲۰	۱/۲۷ ± ۴/۴۲

شیوه اجرایی و روش جمع‌آوری اطلاعات

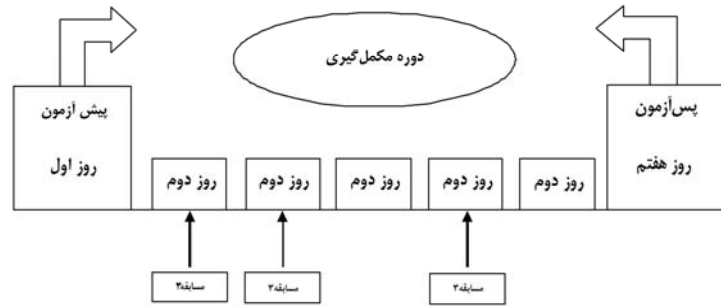
پس از آن که کلیه آزمودنی‌ها به طور شفاهی و کتبی با هدف پژوهش، مراحل و روش اجرای آن، انتظارات محقق و عوارض احتمالی ناشی از مصرف مکمل کراتین آشنا شدند، فرم رضایت آگاهانه و داوطلبانه خود در فرآیند تحقیق را تکمیل کردند. ۱۰ روز قبل از اجرای پیش‌آزمون، کلیه آزمودنی‌ها، برنامه غذایی سه روزه خود را به طور کامل در فرم ثبت سه روزه غذایی یادداشت کردند و سپس بر اساس آن به آن‌ها دستورالعمل غذایی داده شد تا از یک هفته قبل از آزمون، برنامه غذایی آن‌ها تقریباً از محتوی یکسانی برخوردار باشد (۵۵٪ کربوهیدرات، ۲۵٪ چربی و ۲۰٪ پروتئین). همچنین یک هفته قبل از اجرای پیش‌آزمون، جلسه آشنایی با نحوه انجام صحیح آزمون‌ها برگزار گردید و از آزمودنی‌ها خواسته شد تا جهت مواجه نشدن با کم‌آبی و خطرات احتمالی ناشی از آن در این مدت و نیز در طول دوره مکمل‌گیری آب بیشتری مصرف نمایند. سپس از آن‌ها خواسته شد که از ۴۸ ساعت قبل از آزمون از انجام هرگونه فعالیت شدید و طولانی‌مدت و نیز مصرف مواد حاوی کافئین در طول دوره خودداری نمایند. آزمون‌گیری، طی یک روز در صبح و بعد از ظهر با حداکثر سه ساعت فاصله از آخرین وعده غذایی به طور مشابه و در شرایطی کاملاً یکسان در هر دو مرحله پیش-آزمون و پس‌آزمون به صورت زیرانجام شد. ابتدا قد و وزن آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. در ادامه پس از ۵ دقیقه گرم کردن آزمون پرش با افت اولیه (CMJT) جهت سنجش توان انفجاری با استفاده از دستگاه نیوتست پاورتایمر (ساخت فنلاند) انجام شد. روش اجرا بدین شکل بود که آزمودنی ابتدا روی صفحه می-ایستاد و بلافاصله پس از حرکت اولیه به سمت پایین به طور مستقیم به بالا جهش می‌کرد به صورتی که دست‌ها در طول انجام پرش روی مفصل ران قرار داشت. آزمون سه مرتبه و با یک دقیقه استراحت بین هر پرش انجام و بهترین رکورد ثبت می‌گردید.

پس از ۱۰ دقیقه استراحت، توان بی‌هوای از طریق آزمون RAST با استفاده از دستگاه نیوتست پاورتایمر (ساخت فنلاند) و با قرار دادن دو فتوسل در فاصله ۳۵ متر از یکدیگر در زمین چمن ارزیابی گردید. بدین صورت که آزمودنی از فاصله ۷۰ سانتی‌متری اولین فتوسل شروع به دویدن می‌کرد و مسافت ۳۵ متری بین دو فتوسل را با حداکثر سرعت می‌دوید. با عبور از فتوسل اول زمان سنج دیجیتالی متصل به آن‌ها فعال و با گذشتن از فتوسل دوم متوقف می‌شد. سپس در فاصله استراحت ۱۰ ثانیه به محل شروع برمی‌گشت و این عمل شش مرتبه تکرار می‌شد.

دستورالعمل مکمل‌گیری

پس از ارزیابی اولیه آزمودنی‌ها به طور تصادفی در سه گروه کراتین+کربوهیدرات، کراتین و دارونما قرار گرفتند. آزمودنی‌ها بر اساس ارزش‌های به دست آمده همگن بودند به طوری که هیچ اختلاف معنی‌دار آماری ($p > 0.05$) بین آن‌ها وجود نداشت. یک روز پس از اجرای پیش‌آزمون، مکمل‌گیری شروع شد. کلیه افراد در طول ۵ روز مکمل‌گیری به صورت شبانه‌روزی در یک مکان و در شرایط مشابه از نظر غذایی، استراحت، فعالیت و... به سر می‌بردند. مکمل‌گیری به وسیله دو نفر که خارج از پژوهش بودند (دوسوکور) انجام شد تا مصرف مکمل نیز برای همه یکسان باشد. بدین صورت که ابتدا گروه‌ها به صورت زیر نامگذاری شدند: A (کراتین+کربوهیدرات)، B (کراتین) و C (دارونما) و در اتاق‌های جداگانه قرار گرفتند و به هر یک از آن‌ها بطری‌هایی (۲۵۰ سی‌سی) مخصوص با درج نام گروه و نام فرد اختصاص داده شد. گروه A، ۵ گرم کراتین مونوهیدرات (اینتراکتیو میکرونایزد - محصول شرکت کانادا با مجوز وزارت بهداشت جمهوری اسلامی ایران) را همراه با محلول ۱۰٪ کربوهیدرات محتوی ۲۵ گرم شکر مصرف کردند. گروه B، همان مقدار کراتین را با ۲۵۰ سی‌سی آب ولرم مصرف کردند و گروه C به جای کراتین، همان مقدار نشاسته را با ۲۵۰ سی‌سی آب مصرف نمودند. آزمودنی‌ها موظف بودند بطری‌ها را پس از مصرف تحویل داده و در زمان بعدی مجدداً در-یافت کنند. این عمل ۴ وعده در روز و تا پایان ۵ روز مکمل‌گیری ادامه داشت. وعده‌های مصرف قبل از صبحانه، یک ساعت قبل و بعد از مسابقه و یک ساعت قبل از خواب و در روزهایی که مسابقه نبود، یک ساعت قبل از صبحانه، نهار، شام و قبل از خواب تعیین شده بود. بعد از اتمام مکمل‌گیری و ۴۸ ساعت پس از آخرین مسابقه، پس‌آزمون کاملاً مشابه با پیش‌آزمون اجرا گردید. طرح تجربی پژوهش در شکل ۱ نشان داده شده است.

طرح تجربی پژوهش



شکل ۱. طرح شماتیک پژوهش

تغذیه آزمودنی‌ها

کلّیه افراد در طول ۵ روز مکمل‌گیری به صورت شبانه‌روزی در یک مکان و در شرایط مشابه از نظر غذایی، استراحت، فعالیت و... به سر می‌بردند. بنابراین به منظور کاهش اثر رژیم غذایی بر روند نتایج پژوهش، کلّیه آزمودنی‌ها از برنامه غذایی یکسانی که بر اساس جدول ثبت سه روزه غذایی آن‌ها تنظیم شده بود و شامل ۵۵٪ کربوهیدرات، ۲۵٪ چربی و ۲۰٪ پروتئین بود، پیروی نمودند (۱).

روش تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

بعد از جمع‌آوری داده‌ها طی دو مرحله، آزمون‌گیری از روش‌های آماری توصیفی برای تعیین میانگین و انحراف معیار و پس از بررسی طبیعی بودن توزیع متغیرهای اندازه‌گیری شده با استفاده از آزمون پیش‌فرض طبیعی بودن توزیع (آزمون کولموگروف - اسمیرنوف) از روش‌های آماری استنباطی و از طریق آزمون آماری t هم‌بسته برای مقایسه نتایج درون‌گروهی و از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه برای مقایسه سه گروه با یکدیگر استفاده شد. عملیات آماری به وسیله نرم‌افزار SPSS 15 انجام و سطح معنی‌داری آزمون‌ها $P \leq 0/05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

نتایج درون‌گروهی افزایش معنی‌داری در حدّ اکثر توان بی‌هوازی ($t = 3/57$ ، $P = 0/012$ و $t = 4/55$ ، $P = 0/004$)، میانگین توان بی‌هوازی ($t = 7/6$ ، $P = 0/000$ و $t = 5/2$ ، $P = 0/002$) و وزن بدن ($t = 4/32$ ، $P = 0/005$ و $t = 8/76$ ، $P = 0/000$) به ترتیب در دو گروه کراتین+کربوهیدرات و کراتین نشان داد، که مقدار این افزایش در گروه ترکیبی بیشتر بود. از سوی دیگر در هر دو گروه، تغییر معنی‌داری در شاخص خستگی ($t = 1/34$ ، $P = 0/22$ و $t = 0/105$ ، $P = 0/91$) و CMJT ($t = 0/28$ ، $P = 0/78$ و $t = 0/25$ ، $P = 0/8$) دیده

نشد. علاوه بر این نتایج مقایسه بین گروهی، تفاوت معنی‌داری بین تغییرات سه گروه در متغیرهای حد اکثر توان بی‌هواری ($F=0/62$ ، $p=0/54$)، میانگین توان بی‌هواری ($F=0/52$ ، $p=0/59$)، شاخص خستگی ($F=0/4$)، $p=0/67$ و CMJT ($F=0/13$ ، $p=0/87$) نشان نداد (جدول ۲).

جدول ۲. مقایسه نتایج درون گروهی و بین گروهی در سه گروه کراتین+کربوهیدرات، کراتین و کنترل(دارونما)

شاخص خستگی (وات بر ثانیه)	پرش با افت اولیه (CMJT) (سانتی‌متر)	میانگین توان بی‌هواری (وات)	حد اکثر توان بی‌هواری (وات)	متغیر گروه و مرحله	
				پیش آزمون	پس آزمون
۸/۲۴±۱/۶۶	۳۷/۵۷±۲/۱۵	۵۲۷/۱۴±۴۰/۵۸	۶۷۸/۵۷±۴۸/۹۴	کراتین+کربوهیدرات	
				پس آزمون	* ۸۵۵/۲۸ ± ۱۴۹/۰۶
۷/۰۱±۳/۱۲	۳۷/۷۱±۳/۱۹	* ۷۱۰/۲۸ ± ۹۱/۱۳	* ۸۵۵/۲۸ ± ۱۴۹/۰۶	کراتین	
				پس آزمون	* ۸۴۱ ± ۱۵۰/۳۱
۷/۶۷±۴/۲۳	۳۸/۷۱ ± ۵/۰۲	۵۳۳/۱۴±۶۳/۷۵	۶۷۶/۵۷ ± ۱۲۹/۲۷	کنترل(دارونما)	
				پس آزمون	* ۸۶۲/۵۷ ± ۱۵۴/۴۴
۱۰/۲۷±۳/۸۷	۳۹/۱۴ ± ۲/۵۴	۵۵۹/۷۱±۷۷/۱۶	۷۴۸/۴۲±۱۳۰/۳۵	کنترل(دارونما)	
				پس آزمون	* ۷۰۳/۸۵±۷۸/۵۸

مقادیر بر حسب میانگین ± انحراف معیار. * نشانه اختلاف معنی‌دار درون گروهی؛ سطح معنی‌داری $P \leq 0/05$.

بحث و نتیجه‌گیری

بر این اساس یافته‌های پژوهش حاکی از بهبود معنی‌دار در حد اکثر و میانگین توان بی‌هواری و عدم بهبود معنی‌دار در شاخص خستگی و آزمون CMJT در دو گروه مصرف کراتین به صورت ترکیبی و مجزاً در پس-آزمون بود. از سویی دیگر نتایج بین گروهی بهبود معنی‌داری را در متغیرهای فوق نشان نداد؛ اما میزان تغییرات در گروه ترکیبی بیشتر از دو گروه دیگر بود. سیستم ATP - PC از نظر ماهیت سیستمی است با توان بالا و ظرفیت پایین که ATP مورد نیاز بدن را تنها برای چند ثانیه اول تمرینات شدید تأمین می‌کند (۸). در این بین مطالعات نشان داده‌اند مکمل‌گیری کراتین مونوهیدرات از طریق افزایش ذخایر کراتین درون عضلانی، عملکردهای شدید کوتاه‌مدت که متکی به جایگزینی سریع ATP است را بهبود می‌بخشد (۴، ۱۵۶، ۲۴). در پژوهش حاضر نیز بهبود معنی‌داری در حد اکثر و میانگین توان بی‌هواری افراد به دنبال مکمل‌گیری کراتین دیده شد؛ اما با توجه به عدم اندازه‌گیری مستقیم ذخایر کراتین درون عضلانی به منظور اطمینان از افزایش ذخایر کراتین عضلات، در توجیه این امر می‌توان گفت از آنجایی که در این پژوهش وزن بدن در دو گروه مصرف کراتین+کربوهیدرات و کراتین افزایش معنی‌داری را نشان داد (به ترتیب $1/0 \pm 1/65$ و $1/71 \pm 0/51$ کیلوگرم) و از طرفی مطالعات نشان داده‌اند افزایش وزن ناشی از مکمل‌گیری، بیانگر افزایش ذخایر عضلات بدن می‌باشد (۴، ۱۵۶، ۳۴)، لذا به نظر می‌رسد بهبود معنی‌داری که در حد اکثر و میانگین توان بی‌هواری مشاهده شد، ناشی از افزایش ذخایر کراتین بدن به دنبال مکمل‌گیری باشد. از

سویی دیگر، شاخص خستگی در این پژوهش که نشان‌دهنده توانایی بدن در تحمل لاکتات و تکرار فعالیت‌های شدید با آهنگ ثابت می‌باشد نیز در دو گروه بهبود یافت؛ اما میزان آن به لحاظ آماری معنی‌دار نبود. با توجه به این که در دسترس بودن فسفوکراتین یکی از عوامل تعیین‌کننده برای حفظ میزان انرژی مورد نیاز در فعالیت‌های شدید کوتاه‌مدت تناوبی که در آن بازسازی ATP به طور عمده از تجزیه کراتین فسفات و از طریق گلیکولیز بی‌هوازی انجام می‌شود محسوب می‌شود، بنابراین میزان استراحت بین هر تکرار نقش مهمی در افزایش سرعت سنتز مجدد فسفوکراتین در این گونه فعالیت‌ها دارد (۳۰) که علت احتمالی این عدم بهبود معنی‌دار را می‌توان به فاصله استراحت اندک (۱۰ ثانیه) بین هر ۳۵ متر دویدن نسبت داد.

این یافته‌ها با نتایج پژوهش‌های قبلی که هر کدام تأثیر مکمل کراتین بر عملکردهای بی‌هوازی را از طریق آزمون‌های مختلف میدانی (۲، ۱۰، ۲۳، ۲۵، ۲۹، ۳۱) و آزمایشگاهی (۲۴) مورد بررسی قرار دادند، همخوانی دارد. در مقابل این نتایج، پژوهش‌هایی هیچ‌گونه بهبودی در عملکرد بی‌هوازی متعاقب مکمل‌گیری کراتین گزارش نکردند (۳، ۱۲، ۱۴، ۲۶، ۳۲، ۳۷). اسمارت و همکاران (۳۲) در پژوهش خود بر روی یازده بازیکن تمرین‌کرده فوتبال، هیچ‌گونه بهبودی را در زمان ۲۰×۳۰ متر دویدن سریع با فواصل استراحتی ۳۰ ثانیه گزارش نکردند. همچنین گلابستر و همکارانش (۱۲) نیز به نتیجه مشابهی در ۱۵×۳۰ متر دوی سرعت با فواصل استراحتی ۳۵ ثانیه دست یافتند که ممکن است علت این تناقض‌ها به تعداد تکرار بیشتر در این پژوهش‌ها مرتبط باشد. به طور کلی تناقض این نتایج با یافته‌های پژوهش حاضر را می‌توان به متفاوت بودن آزمودنی‌ها از نظر جنس و سطح آمادگی در زمان انجام پژوهش، زمان مکمل‌گیری و مقدار مصرف آن و تفاوت در پروتکل‌های آزمون‌گیری و به ویژه زمان استراحت در نظر گرفته شده نسبت داد.

از سوی دیگر، نتایج بین‌گروهی در مقایسه با گروه دارونما تفاوت معنی‌داری در هر سه متغیر حد اکثر و میانگین توان بی‌هوازی و شاخص خستگی نشان نداد. در توجیه عدم اختلاف معنی‌دار می‌توان دو دلیل احتمالی را بیان نمود. ابتدا باید عنوان کرد که در این پژوهش گروه دارونما نیز بهبودهایی که احتمالاً به دلیل اثر روانی انکار ناپذیر دارونما و کاهش وزن آن‌ها بود را در پس‌آزمون نشان داد که به نظر می‌رسد، تأثیر به سزایی در نتایج به دست آمده داشته باشد. البته باید به این نکته توجه داشت، در واقع بهبودی که در دو گروه کراتین+کربوهیدرات و کراتین تنها در پس‌آزمون دیده شد با وجود افزایش معنی‌دار وزن بدن حاصل شد. که همان‌گونه پیشتر بیان شد این امر را می‌توان ناشی از افزایش ذخایر عضلات بدن دانست. عامل دوم را می‌توان به اندازه کوچک نمونه نسبت داد که احتمال بروز خطای نوع دوم را افزایش می‌دهد.

در پژوهش حاضر تفاوت معنی‌داری در توان انفجاری دو گروه مکمل‌گیری در پس‌آزمون نسبت به پیش-آزمون دیده نشد و از طرفی بین میانگین تغییرات سه گروه نیز تفاوت معنی‌داری دیده نشد. پژوهش‌های انجام شده قبلی در این زمینه هیچ بهبودی را در پرش عمودی پس از مکمل‌گیری کوتاه‌مدت و به ترتیب در مردان فعال به لحاظ جسمانی بازیکنان زن سافت‌بال و بازیکنان فوتبال گزارش نکردند (۴، ۱۷، ۲۳). هر چند استویج (۲۵) افزایش قابل توجهی (۸/۱۰٪) را در پرش عمودی بازیکنان جوان فوتبال پس از ۷ روز مکمل-گیری گزارش کرد. از سوی دیگر موجیکا (۲۳) در مطالعه خود به نقل از پژوهش‌های انجام شده، اشاره کرده

است که مکمل‌گیری بلندمدت کراتین به طور مطلوبی بر روی پرش عمودی بازیکنان فوتبال مؤثر است. این تناقض ممکن است ناشی از مکانیسم افزایش وزن بدن به دنبال مکمل‌گیری کوتاه‌مدت و بلندمدت کراتین باشد. همان طور که قبلاً بیان شد در پژوهش حاضر افزایش معنی‌داری نیز در وزن بدن دیده شد و از آن-جایی که افزایش وزنی که هنگام مکمل‌گیری کوتاه‌مدت دیده می‌شود به احتمال زیاد ناشی از افزایش محتوای آب بدن می‌باشد (۲۳)، لذا این افزایش وزن، در فعالیت‌ها و حرکاتی که مستلزم غلبه بر نیروی جاذبه است، عاملی منفی به شمار می‌رود. در حالی که مصرف بلندمدت کراتین همراه با تمرینات مقاومتی به دلیل این که با افزایش وزن خالص بافت عضلانی همراه است، نقش مؤثری در بهبود پرش عمودی دارد.

همچنین در رابطه با مکمل‌گیری کراتین همراه با کربوهیدرات، نتایج افزایش قابل توجهی را در عملکردهای بی‌هوازی فراتر از نتایج به دست آمده ناشی از مکمل‌گیری کراتین تنها، نشان نداد؛ اما بعضاً افزایش‌های اندکی دیده شد که ممکن است در لحظات بحرانی مسابقه، جایی که کوچک‌ترین اختلاف تعیین‌کننده سرنوشت بازی است، بسیار مهم باشد. همسو با این نتایج تتودورو و همکاران (۳۵)، نتایجی مشابه با نتایج پژوهش حاضر را بر روی مردان فعال از نظر بدنی گزارش دادند. در پژوهشی دیگر (۳۶) نیز به طور مشابه گزارش داده شد، اگرچه مصرف کراتین همراه با کربوهیدرات منجر به بهبود عملکرد تناوبی در شناگران می‌شود، این بهبودها بیشتر از مقادیر به دست آمده هنگام مصرف کراتین تنها نیست. نتایج مندر و همکاران (۲۱)، نیز هیچ بهبودی را در عملکرد شناگران به دنبال مصرف کراتین در ترکیب با کربوهیدرات نشان نداد. آنچه که مشخص است مطالعاتی که افزایش معنی‌دار ذخایر کراتین را هنگام مکمل‌گیری کراتین در ترکیب کربوهیدرات گزارش کردند (۳۳، ۱۳) از آزمودنی‌های تمرین نکرده استفاده کرده بودند. بر این اساس، تتودورو (۳۶) عدم بهبود معنی‌دار در عملکرد بین دو گروه را به سطح آمادگی آزمودنی‌ها و احتمال اشباع بودن کل کراتین عضلات آن‌ها قبل از مکمل‌گیری نسبت داد. با توجه به این که پژوهش حاضر نیز در شروع فصل مسابقات انجام شد، لذا آزمودنی‌ها در اوج آمادگی بودند که احتمالاً این سطح آمادگی در عدم بهبود معنی‌دار نتایج به دست آمده مؤثر است. در کنار این موارد، برخی از تحقیقات (۴۰، ۸، ۵) نشان داده‌اند، علاوه بر میزان کل کراتین موجود در عضلات، عوامل دیگری از جمله تجمع یون H^+ و آمونیاک، کاهش Ca^{2+} درون سلولی، افزایش غلظت یون K^+ خارج سلولی و کاهش محتوای گلیکوژن عضله ممکن است افزایش سرعت بازسازی ATP را که عامل تعیین‌کننده در طول ورزش‌های بسیار شدید به شمار می‌رود، تحت تأثیر قرار دهد و بنابراین روند نتیجه‌گیری را دست‌خوش تغییر نماید.

به طور کلی سطح مهارت، غلظت کراتین اولیه، افزایش وزن پس از مکمل‌گیری، توزیع نوع تار عضلانی، جنبه‌هایی هستند که در تأثیر مکمل‌گیری کراتین در فوتبال بسیار مهم هستند. در کنار این عوامل، روش‌های ارزیابی، پست بازی، نوع و شدت تمرین نیز هریک ممکن است نقش بسیار تعیین‌کننده‌ای ایفا کنند که لزوم پرداختن به پژوهش‌های بیشتر را جهت ارائه نتایج واقعی‌تر روشن می‌کند.

کاربرد عملی

گاهی اوقات، زمانی که تیم‌ها از شرایط جسمانی، روانی، تاکتیکی و تکنیکی یکسان برخوردارند، کوچک‌ترین اختلاف در عملکرد ممکن است تعیین‌کننده سرنوشت بازی باشد. از این رو با توجه به این که در پژوهش حاضر افزایش اندکی هنگام مصرف کراتین همراه با کربوهیدرات نسبت به مصرف کراتین تنها دیده شد که ممکن است نوعی برتری محسوب شود و همچنین هیچ یک از بازیکنان گزارشی مبنی بر عوارض جانبی مکمل‌گیری در طول پژوهش گزارش نکردند؛ لذا می‌توان به مربیان و ورزشکاران توصیه کرد هنگامی که ناچار به انجام چند مسابقه به فاصله چند روز می‌باشند از پروتکل استفاده شده در این پژوهش به منظور پر-سازی ذخایر انرژی و به دنبال آن بهبود کارایی در مسابقات استفاده کنند.

منابع

۱. احمدزاده، ریحانه (۱۳۸۵). جزوه کارشناسی تغذیه (ویژه دانشجویان صنایع غذایی). دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان
2. Aaserud, R., P, Gramvik., S.R, Olsen, and J, Jensen (1998). Creatine supplementation delays onset of fatigue during repeated bouts of sprint running. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 8:247 - 51.
3. Ahmun, RP., Tong, RJ., Grimshaw, PN (2005). The effects of acute creatine supplementation on multiple sprint cycling and running performance in rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Feb; 19(1):92 - 7.
4. Balsom, P.D., K. Soderland., B. Sjodin., and B. Ekblom (1995). Skeletal muscle metabolism during short duration high- intensity exercise: influence of creatine supplementation. *Acta. Physiol. Scand.* 154:303 - 310.
5. Bogdanis, G.C., M.E, Nevill., L.H, Boobis., & H.K.A, Lakomy (1994). Recovery of power output and muscle metabolism after 10 s and 20 s of maximal sprint exercise in men. *Clin, Sci*, 87:121 - 122.
6. Casey, A., D.Constantin - Teodosiu., S. Howell., E. Hultman., and P.L.Greenhaff (1996). Creatine ingestion favorably affects performance and muscle metabolism during maximal exercise in humans. *Am. J. Physiol.* 271:E31 - E37.
7. Casey, A., Greenhaff, P (2000). Does dietary creatine supplementation play a role in skeletal muscle metabolism and performance? *American Journal of Clinical Nutrition* 72: 607S - 17S.
8. Cooke, S., Petersen, S., & Quinney, H (1997). The influence of maximal aerobic power on recovery of skeletal muscle following anaerobic exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 75, 512 - 519.
9. Cornish, S., Chilibeck, P., & Burke, D (2006). The effect of creatine monohydrate supplementation on sprint skating in Ice- hockey players. *Journal of Sports Medicine and physical Fitness*, 46, 90 - 98.
10. Cox, G., Mujika I., Tumilty, D., Burke, L (2002). Acute creatine supplementation and performance during a field test simulating match play in elite female soccer players. *Int. J, Sport Nutr, Exerc, metab.* 12:33 - 46.

11. Febbraio, M.A., T.R. Flanagan., R.J. Snow., S. Zhao., and M.F. Carey (1995). Effect of creatine supplementation on intramuscular TCr, metabolism and performance during intermittent, supramaximal exercise in humans. *Acta. Physiol. Scand.* 155:387 - 395.
12. Glaister, M., Lockey, R.A., Abraham, C.S., Staerck, A., Goodwin, JF., McInnes, G (2006). Creatin supplementation and multiple sprint running performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* May; 20(2):273 - 7.
13. Green, A.L., E.J. Simpson., J.J. Littlewood., I.A. Macdonald., and P.L. Greenhaff (1996). Carbohydrate ingestion augments creatine retention during creatine feeding in man. *Acta. Physiol. Scand.* 158:195 - 202.
14. Haffman, J.R., Stout, J.R., Falvo, M.J., Kang, J., Ratamess, N.A (2005) Effect of low- dose, short- duration creatine supplementation on anaerobic exercise performance. *J, Strength Cond. Res.* May; 19(2):260 - 4.
15. Harris, R.C., Soderlund, K., Hultman, E (1992). Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clin. Sci* 83:367 - 374.
16. Hultman, E., Soderlund, K., Timons, T.A., Cederblad, G., Greenhaff, P.L (1996). Muscle creatine loading in men. *J, Appl Physiol*; 81:232 - 7.
17. Izquierdo, M., Ibanez, J., Gonzalez - Badillo, J. J., & Gorostiaga, E. M. (2002). Effects of creatine supplementation on muscle power, endurance, and sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34, 332 - 343.
18. Kocak, S., & Karli, U (2003). Effects of high dose oral creatine supplementation on anaerobic capacity of elite wrestlers. *Journal of Medecine and Physical Fitness*, 43, 488 - 492.
19. Larson, D.E., G.R. Hunter., C.A. Trowbridge., J.C. Turk., P.A. Harbin., and S.L. Torman (1998). Creatine supplementation and performance during off- season training in female soccer players. *Med, Sci. Sports Exerc.* 30:S264.
20. Maughan, R.J (2007). Nutrition and football. The fifa / finarc consensus on sports nutrition.
21. Mendes, R.R., Pires, I., Oliveira, A., and Tirapegui, J (2004). Effects of creatine supplementation on the performance and body composition of competitive swimmers, *Journal of Nutritional Biochemistry* 15, 473 - 478.
22. Miszko, T.A., Baer, J.T., Vanderburgh, P.M (1998). The effect of creatine loading on body mass and vertical jump of female athletes. *Med Sci Sports Exerc* 30: S141. Abstract.
23. Mujika, I., S, Padilla., J. Ibanez., M, Izquierdo., and E, Gorostiaga (2000). Creatine supplementation and sprint performance in soccer players. *Med. Sci. Sports. Exer.* 32:518 - 525.
24. Okudan, N., Gokbel, H (2005). The effects of creatine supplementation on performance during the repeated bouts of supramaximal exercise. *J. sport Med*, 45(4):507 - 11.
25. Ostojic, S.M (2004). Creatine as power supplementation in young soccer players. *Int, J, Sport Nutr, Exerc, metab.* 14, 95 - 103.
26. Plum, B.M., Ferrauti, A., Broeyhof, F., Deutekom, M., Gotzmann, A., Kuipers H., Weber, K (2006). The effects of creatine supplementation on selected factors of tennis specific training. *Br J Sports Med.* Jun; 40(6):507 - 11; discussion 511 - 2.

27. Rawson, E., Clarkson, P (2004). Scientifically debatable: Is creatine worth its weight? *Sports Science Exchange* 16 (4):1 - 6.
28. Reilly, T (2005). An ergonomics model of the football training process. *Journal of Sports Sciences*, 23,561 - 572.
29. Romer, L.M., Barrington, J.P., & Jeukendrup, A.E (2001). Effects of oral creatine supplementation on high intensity, intermittent exercise performance in competitive squash players. *International Journal of Sports Medicine*, 22, 546 - 552.
30. Sahlin, K (1992). Metabolic factors in fatigue. *Sports Medicine*, 13, 99 - 107.
31. Skare, O.C., Skadberg, O., & Wisnes, A.R (2001). Creatine supplementation improves sprint performance in male sprinters. *Scandinavian Journal of Medicine, Science and Sports*, 11, 96 - 102.
32. Smart, N.A., S.G, Mckenzie., L.M, Nix., S.E, Baldwin., K.P, Age., D.Wade., and P.K, Hampson (1998). Creatine supplementation does not improve repeat sprint performance in soccer players. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30:s140.
33. Steenge, G. R., Simpson, E. J., Greenhaff, P. L (2000). Protein and carbohydrate - induced augmentation of whole body creatine retention in humans. *Journal of Applied Physiology*, 89, 1165 - 1171.
34. Terjung, R.L., Clarkson, P.M., Eichner, E.R., Greenhaff, P.L., Hespel, P., Israel, R.G. et al (2000). The physiological and health effects of oral creatine supplementation. *Medicine and Science in Sports and exercise*, 32,706 - 717.
35. Theodoru, A., Cooke, C.B., King, R. F., & Duckett, R. (1998). The effect of combined carbohydrate and creatine ingestion on anaerobic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(5), Supplement abstract 1543.
36. Theodorou, A.S., K. Havenetidis., C.L, Zanker., J.P, OHara., R.F.G, King., C.B, Cooke., (2005). Effects of acute creatine loading with or without carbohydrate on repeated bouts of maximal swimming in high - performance swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2): 265 - 269.
37. Thornesen, E., J, McMillan, K, Guion, and B, Joyner (1998). The effect of creatine supplementation on repeated sprint performance. *J, Strength Cond.Res.*12:278.
38. Vandebuerie, F., Vanden Eynde, B., Vandenberghe, K., Hespel, P (1998). Effect of creatine loading on endurance capacity and sprint power in cyclists. *International Journal of Sports Medicine* (19), 490 - 495.
39. William, J., Kraemer, J., S, Volek (1998). Creatine supplementation. *American calleg of sports medicine*.
40. Westerblad, H., JA, Lee., J, Lannergren, & DG, Allen (1991). Cellular mechanisms of fatigue in skeletal muscle. *Am, JPhysiol*, 261:C195 - C209.