

اثرات مکمل‌یاری بت‌آلانین و مصرف حاد کافئین بر عملکرد اختصاصی کاراته‌کاران نخبه

محمد حسین مانیان^۱، مهدی غفاری^{۲*}، ابراهیم بنی طالبی^۳

چکیده

اهداف: این مطالعه با هدف بررسی تأثیر مصرف چهار هفته مکمل بت‌آلانین به تنهایی و در ترکیب با مصرف حاد کافئین بر عملکرد اختصاصی کاراته‌کاران نخبه انجام شد.

روش مطالعه: تعداد ۳۰ ورزشکار نخبه کاراته در سه گروه به‌صورت دوسوکور و تصادفی، در سه شرایط مکمل‌یاری (بت‌آلانین، بت‌آلانین + کافئین، دارونما) به مدت چهار هفته شرکت کردند. مصرف بت‌آلانین به‌میزان ۶/۴ گرم در روز و مصرف کافئین به‌صورت حاد (۳ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) یک ساعت پیش از آزمون صورت گرفت. عملکرد با استفاده از تست هوازی اختصاصی کاراته، پرش عمودی و شاخص درک فشار بزرگ ارزیابی شد. همچنین لاکتات خون آزمودنی‌ها قبل از مصرف مکمل، قبل و بعد از آزمون‌ها اندازه‌گیری شد. تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر انجام گرفت.

یافته‌ها: تفاوت معناداری در بهبود عملکرد در تست هوازی اختصاصی و پرش عمودی در شرایط مصرف بت‌آلانین ($p < 0.05$) و بت‌آلانین + کافئین ($p < 0.05$) مشاهده شد، در حالی که تفاوت معناداری در درک فشار بزرگ در هیچ یک از گروه‌ها مشاهده نگردید. تغییرات لاکتات در گروه بت‌آلانین و ترکیبی کاهش معنی‌دار داشت ($p < 0.05$). نتایج نشان داد که هم مصرف بت‌آلانین به‌تنهایی و هم مصرف ترکیبی بت‌آلانین + کافئین منجر به کاهش معنادار غلظت لاکتات خون پس از آزمون شد ($p < 0.05$). با این حال، مقایسه بین گروهی بیانگر تفاوت معناداری بین این دو شرایط نبود.

نتیجه‌گیری: مصرف مزمن بت‌آلانین و مصرف همزمان آن با دوز حاد کافئین موجب بهبود عملکرد اختصاصی کاراته‌کاران نخبه گردید؛ اگرچه اثری بر کاهش ادراک فشار تمرینی نداشت.

واژه‌های کلیدی: بت‌آلانین، کافئین، عملکرد اختصاصی، کاراته، مکمل‌یاری، تمرین

^۱ کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی کاربردی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

^۲ استادیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. نویسنده مسئول: ghafari.mehdi@gmail.com

^۳ استاد گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

مقدمه

کاراته، به‌عنوان یک ورزش رزمی جهانی، ترکیبی از حرکات انفجاری کوتاه‌مدت و فعالیت‌های بازیابی فعال است که در آن، سیستم‌های انرژی فسفاژن و گلیکولیز نقش اصلی در تأمین آدنوزین تری‌فسفات (ATP) ایفا می‌کنند (Chaabene et al., 2012). از آنجا که عملکرد مؤثر در کاراته، علاوه بر توان فیزیکی، به عوامل روان‌حرکتی مانند تمرکز، واکنش سریع و ادراک فشار تمرینی نیز وابسته است (Chaabene et al., 2012; Grgic et al., 2018; Hobson et al., 2012). استفاده از مکمل‌های ارگونومیک جایگاه ویژه‌ای برای ورزشکاران حرفه‌ای، در تمرینات و مسابقات دارد (Maughan et al., 2018). مکمل‌هایی همچون بتا‌آلانین و کافئین که اثرات مثبت آن‌ها در بهبود عملکرد در تمرینات پرشدت و متناوب به‌طور گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است (Maughan et al., 2018; Hobson et al., 2012). بتا‌آلانین یک اسیدآمین غیرپروتئینی است که به‌عنوان پیش‌ساز سنتز کارنوزین در عضله اسکلتی عمل می‌کند. کارنوزین به‌عنوان یک بافر درون‌سلولی، در تنظیم pH عضله در حین تمرینات شدید و جلوگیری از اسیدوز ناشی از تجمع یون هیدروژن نقش حیاتی دارد (Trexler et al., 2022). تحقیقات نشان داده‌اند که مصرف مزمن مکمل بتا‌آلانین به مدت ۴ تا ۱۰ هفته می‌تواند غلظت کارنوزین عضله را بین ۴۰ تا ۸۰ درصد افزایش دهد که این موضوع با بهبود توان بی‌هوازی، تأخیر در بروز خستگی و ارتقاء ظرفیت عملکردی همراه است. به‌ویژه در ورزش‌هایی با ساختار تکرارشونده و نیاز به انرژی گلیکولیتیک بالا، مانند ورزش‌های رزمی که افزایش ظرفیت بافری عضله یک مزیت فیزیولوژیکی برجسته به‌شمار می‌آید (Jayawardena et al., 2023).

در سوی دیگر، کافئین به‌عنوان یکی از پرکاربردترین ترکیبات نیروزا در بین ورزشکاران، با عملکرد اصلی در سیستم عصبی مرکزی، از طریق مهار گیرنده‌های آدنوزین، موجب کاهش احساس خستگی، افزایش تحریک‌پذیری نورونی و بهبود توجه، زمان واکنش و انگیزش در حین فعالیت بدنی می‌شود (Grgic et al., 2021). متاآنالیزهای متعددی اثرات مثبت کافئین را در بهبود قدرت، استقامت عضلانی، توان هوازی و عملکرد تکنیکی در رشته‌های ورزشی گوناگون گزارش کرده‌اند (Guest et al., 2021; Chen et al., 2025; Wu et al., 2024; Delleli et al., 2022). به‌ویژه اثربخشی مصرف حاد کافئین (۳ تا ۶ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) یک ساعت پیش از فعالیت ورزشی در بهبود عملکرد ورزشی به‌خوبی اثبات شده است (Wu et al., 2024; Guest et al., 2021).

با وجود اثربخشی مستقل هر یک از مکمل‌های بتا‌آلانین و کافئین در بهبود شاخص‌های عملکردی (Ashtary-Larky et al., 2014)، پرسش کلیدی آن است که آیا ترکیب این دو ماده می‌تواند اثرات هم‌افزای فیزیولوژیکی ایجاد کند یا خیر؟ با این حال، به دلیل تفاوت در مکانیسم اثر، زمان‌بندی مصرف و احتمال تداخل یا تقویت متقابل اثرات، بررسی این اثر متقابل عملکردی از اهمیت بسزایی برخوردار است. این موضوع به‌ویژه در ورزش‌های رزمی که ترکیبی از بار فیزیکی و فشار روانی را شامل می‌شوند، اهمیت دوچندان می‌یابد.

مطالعات متعددی اثرات منفرد مکمل‌های بتا‌آلانین و کافئین را بر عملکرد ورزشی گزارش کرده‌اند. به‌عنوان مثال، در یک متاآنالیز نشان داده شد که مکمل‌یاری بتا‌آلانین موجب افزایش معنی‌دار ظرفیت بافری و بهبود عملکرد در فعالیت‌های با شدت بالا می‌شود (Saunders et al., 2017). همچنین، گزارش گردیده که مصرف کافئین عملکرد قدرتی و توانی را به‌طور قابل توجهی ارتقا می‌دهد (Grgic et al., 2018). با این حال، شواهد مربوط

به مصرف همزمان این دو مکمل محدود و بعضاً متناقض است. در یک مطالعه ترکیب بتآلانی و کافئین به بهبود ظرفیت بی‌هوازی و تأخیر خستگی منجر شد (Décombaz et al., 2012)، در حالی که در پژوهشی گزارش شد اثر هم‌افزایی معناداری میان این دو مکمل مشاهده نشده است (Gonçalves et al., 2017).

بر این اساس، چالش اصلی پیش روی تحقیق حاضر، روشن ساختن این موضوع است که آیا ترکیب مصرف مزمن بتآلانی با مصرف حاد کافئین می‌تواند به‌طور هم‌افزا بر عملکرد اختصاصی ورزشکاران نخبه اثرگذار باشد یا خیر. مکانیسم احتمالی مورد انتظار، افزایش ظرفیت بافری عضله از طریق بالا بردن سطوح کارنوزین (در اثر بتآلانی) به همراه کاهش خستگی مرکزی و بهبود برانگیختگی عصبی (در اثر کافئین) است که می‌تواند به بهبود تحمل فعالیت‌های پرشدت و تأخیر در بروز خستگی منجر شود (Grgic et al., 2018; Peeling et al., 2019). پروتکل مکمل‌یاری در مطالعه حاضر با ترکیب مصرف مزمن بتآلانی به مدت چهار هفته و مصرف حاد کافئین یک ساعت پیش از آزمون طراحی شد که نسبت به بسیاری از پژوهش‌های پیشین که تنها یکی از این مکمل‌ها را بررسی کرده‌اند، تفاوت مهمی محسوب می‌شود. همچنین، ارزیابی سطح لاکتات خون پیش و پس از آزمون‌ها با هدف بررسی دقیق‌تر پاسخ‌های متابولیک و توضیح مسیرهای احتمالی اثرگذاری مداخله انجام شد. این موارد نشان‌دهنده ضرورت و اهمیت پژوهش حاضر در پاسخ به این پرسش است که آیا مصرف ترکیبی بتآلانی و کافئین می‌تواند راهبردی اثربخش برای ارتقای عملکرد اختصاصی کاراته‌کاران نخبه باشد یا خیر؟ از این رو، پژوهش حاضر، می‌کوشد به بررسی تأثیر مصرف مزمن بتآلانی در ترکیب با مصرف حاد کافئین بر عملکرد اختصاصی کاراته‌کاران نخبه بپردازد.

روش‌شناسی تحقیق

این پژوهش یک مطالعه تصادفی‌سازی‌شده، دوسوکور، و کنترل‌شده با دارونما بود (Hopkins et al., 2009). تمامی شرکت‌کنندگان قبل از ورود به مطالعه رضایت‌نامه آگاهانه کتبی را امضا کردند. تعداد ۳۰ کاراته‌کار نخبه لیگ برتر کشور (مرد) به‌طور داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند. معیارهای ورود شامل: سن ۱۸ تا ۳۰ سال، حداقل ۵ سال سابقه تمرین مستمر کاراته، سلامت عمومی کامل و عدم مصرف مکمل یا داروهای مؤثر بر عملکرد ورزشی در سه ماه گذشته بود. معیارهای خروج شامل: آسیب‌دیدگی یا بیماری در طول مطالعه، قطع مصرف مکمل، عدم پایبندی به پروتکل یا غیبت در جلسات آزمون بود. مشخصات پایه آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: مشخصات پایه آزمودنی‌ها

متغیر	میانگین $\pm$ انحراف معیار
سن (سال)	$22/8 \pm 2/5$
قد (سانتی‌متر)	$176/4 \pm 5/9$
وزن بدن (کیلوگرم)	$71/8 \pm 6/4$
شاخص توده بدن (کیلوگرم/متر ^۲)	$23/0 \pm 1/8$
درصد چربی بدن	$12/6 \pm 2/1$
سابقه تمرین (سال)	$7/4 \pm 2/0$
حجم تمرین هفتگی (ساعت/هفته)	$8/5 \pm 1/5$

فرایند تخصیص آزمودنی‌ها به ترتیب دریافت مکمل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Randomizer انجام شد. برای تضمین دوسوکور بودن مطالعه، مکمل‌ها و دارونماها در کپسول‌های کاملاً مشابه از نظر شکل، اندازه و رنگ تهیه و توسط پژوهشگری خارج از تیم تحقیق کدگذاری شدند. پژوهشگران مسئول جمع‌آوری داده‌ها و آزمودنی‌ها از نوع مکمل دریافتی آگاهی نداشتند.

بتألانی روزانه ۶/۴ گرم (کپسول‌های ۸۰۰ میلی گرمی، ۸ وعده در روز) به مدت ۴ هفته، همراه وعده‌های غذایی مصرف شد تا بروز پارستزی^۱ (Paresthesia) کاهش یابد (Saunders et al., 2017) و کافئین به میزان ۶ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن، ۶۰ دقیقه پیش از تمرین مصرف گردید (Grgic et al., 2018). در گروه کنترل از دارو نما استفاده شد. برای کنترل پایبندی، مصرف روزانه توسط آزمودنی‌ها در برگه ثبت گزارش شد و شمارش کپسول‌ها در پایان هر دوره انجام گرفت. از آزمودنی‌ها خواسته شد از مصرف نوشیدنی کافئین‌دار، مکمل ورزشی که در مداخله تأثیر می‌گذارند، اجتناب کنند. شرکت‌کنندگان موظف بودند آخرین وعده غذایی خود را حداکثر ۳ ساعت پیش از آزمون مصرف کنند و پس از آن تا زمان اجرای آزمون ناشتا باقی بمانند و رژیم غذایی خود را ۲۴ ساعت پیش از هر آزمون مشابه‌سازی کنند. همچنین از مصرف کافئین، الکل و فعالیت شدید بدنی ۴۸ ساعت قبل از آزمون منع شدند. حداقل ۷ ساعت خواب شبانه پیش از هر جلسه آزمون الزامی بود.

عملکرد هوازی اختصاصی از طریق آزمون KSAT (Karate-Specific Aerobic Test) که دارای روایی و پایایی تأیید شده در ورزشکاران کاراته است ارزیابی شد. آزمون KSAT یک آزمون میدانی طراحی شده برای ورزشکاران کاراته است که برای ارزیابی عملکرد هوازی اختصاصی استفاده می‌شود (Chaabène et al., 2012). آزمودنی‌ها تا حد واماندگی پروتکل را اجرا کرده و زمان تا خستگی و امتیاز عملکرد ثبت گردید. توان بی‌هوازی با آزمون پرش عمودی روی صفحه نیرو (Kistler, Winterthur, Switzerland) سنجیده شد. آزمودنی‌ها با دست روی کمر سه پرش بیشینه انجام دادند و بیشترین ارتفاع پرش ثبت شد. فاصله بین پرش‌ها یک دقیقه بود (Markovic et al., 2004). شدت احساس شده بلافاصله پس از آزمون KAR با مقیاس بورگ (۶-۲۰) اندازه‌گیری شد (Borg et al., 1982). نمونه‌گیری مویرگی (۲۵ میکرولیتر) از نوک انگشت دست در حالت استراحت و ۳ دقیقه پس از پایان آزمون انجام شد. غلظت لاکتات خون در دو مرحله پیش‌آزمون (پیش از شروع پروتکل تمرینی) و پس‌آزمون (بلافاصله پس از اتمام تمرین)، در شرایط یکسان آزمایشگاهی، با دستگاه Lactate Pro 2 (Arkay, Japan) اندازه‌گیری شد (Pyne et al., 2000). داده‌ها به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار گزارش شدند. نرمال بودن توزیع داده‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک بررسی شد. برای مقایسه شرایط مختلف مکمل‌یاری، آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر (Repeated Measures ANOVA) به کار رفت و در صورت معنی‌داری، آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. اندازه اثر (η^2 , Partial Eta Squared) محاسبه و بر اساس دستورالعمل کوهن تفسیر شد. سطح معناداری در تمامی آزمون‌ها $p \leq 0.05$ در نظر گرفته شد.

نتایج

آزمون بین‌گروهی نیز نشان داد که اختلاف بین گروه‌ها معنادار نبود، گرچه روند بهبود مشاهده شد ($p=0.068$). نتایج آزمون درون‌گروهی حاصل از ANOVA با اندازه‌گیری مکرر نشان داد که مصرف بت‌آلانی ($p=0.042$) و

^۱ احساس غیرطبیعی سوزن‌سوزن شدن یا مورمور شدن پوست.

ترکیب بتاآلانین+کافئین ($p=0/032$) باعث بهبود معنادار در عملکرد تست هوازی ویژه کاراته شد. با این حال، در گروه دارونما تفاوت معناداری مشاهده نشد ($p=0/07$) (جدول ۲).

جدول ۲. نتایج تست هوازی ویژه کاراته

شاخص	گروه	پیش آزمون	پس آزمون	P-value درون گروهی	F	P-value بین گروهی	η^2
تست هوازی ویژه کاراته (ثانیه)	بتاآلانین	۷۵۳±۱۸۹	۸۱۲±۲۰۷	۰/۰۴۲	۹/۸۳	۰/۰۶۸	۰/۲۱
	بتاآلانین+کافئین	۷۳۴±۱۷۲	۸۰۶±۲۰۱	۰/۰۳۲			۰/۲۴
	دارونما	۷۳۲±۱۳۳	۷۴۲±۱۰۱	۰/۰۷۸			۰/۱۵

$p \leq 0/05$ بعنوان سطح معناداری در نظر گرفته شده است.

مقایسه درون گروهی نشان داد که هر دو گروه مکمل بتاآلانین ($p=0/021$) و ترکیبی ($p=0/038$) بهبود معناداری در ارتفاع پرش عمودی نسبت به پیش آزمون داشتند، در حالی که گروه دارونما تغییری معنادار نشان نداد ($p=0/12$). تحلیل بین گروهی نیز اختلاف معناداری بین سه گروه نشان داد ($p=0/022$). آزمون تعقیبی بونفرونی مشخص کرد که هر دو گروه مکمل نسبت به دارونما عملکرد بهتری داشتند، اما بین دو گروه مکمل تفاوت آماری معناداری مشاهده نشد ($p=0/072$) (جدول ۳).

جدول ۳. نتایج حداکثر پرش عمودی

شاخص	گروه	پیش آزمون	پس آزمون	P-value درون گروهی	F	P-value بین گروهی	η^2
حداکثر پرش ارتفاع (cm)	بتاآلانین	۳۵/۷۰±۷/۵۶	۳۷/۹۴±۵/۴۱	۰/۰۲۱	۵/۶۷	۰/۰۲۲	۰/۲۶
	بتاآلانین+کافئین	۳۴/۱۰±۶/۱۶	۳۶/۲۴±۶/۸۱	۰/۰۲۲			۰/۲۲
	دارونما	۳۴/۳۰±۵/۹۳	۳۵/۳۱±۵/۳۱	۰/۱۲			۰/۰۹

$p \leq 0/05$ بعنوان سطح معناداری در نظر گرفته شده است.

در خصوص شاخص درک فشار بورگ، هیچ‌یک از گروه‌ها در مقایسه پیش آزمون و پس آزمون تغییر معناداری نداشتند (بتاآلانین: $p=0/21$ ، ترکیبی: $p=0/38$ ، دارونما: $p=0/18$). همچنین تفاوت بین گروهی نیز از نظر آماری معنادار نبود ($p=0/09$) (جدول ۴).

جدول ۴. نتایج شاخص RPE (مقیاس ۶ تا ۲۰)

شاخص	گروه	پیش آزمون	پس آزمون	P-value درون گروهی	F	P-value بین گروهی	η^2
شاخص درک فشار بورگ	بتاآلانین	۱۹±۲	۱۸±۱	۰/۲۱	۸/۱۳	۰/۰۹	۰/۰۹
	بتاآلانین+کافئین	۱۹±۲	۱۹±۲	۰/۳۸			-
	دارونما	۱۹±۱	۱۹±۲	۰/۱۸۲			

$p \leq 0/05$ بعنوان سطح معناداری در نظر گرفته شده است.

نتایج مربوط به لاکتات خون نشان داد که مصرف بتآلآنین به‌تنهایی ($p=0/041$) و ترکیب بتآلآنین+کافئین ($p=0/032$) موجب کاهش معنادار غلظت لاکتات پس از آزمون شد، در حالی که در گروه دارونما تغییری مشاهده نشد ($p=0/18$). با این حال، مقایسه بین گروهی نشان داد که اختلاف بین شرایط مکمل‌یاری از نظر آماری معنادار نبود ($p>0/05$)، گرچه اندازه اثر در حد متوسط تا بزرگ گزارش گردید (جدول ۵، شکل ۴).

جدول ۵. نتایج غلظت لاکتات

گروه	پیش آزمون	پس آزمون	P-value درون گروهی	η^2
بتآلآنین	$10/2 \pm 1/6$	$8/8 \pm 1/5$	$0/041$	$0/21$
بتآلآنین+کافئین	$10/9 \pm 1/7$	$8/5 \pm 1/6$	$0/032$	$0/24$
دارونما	$9/9 \pm 1/5$	$9/4 \pm 1/6$	$0/18$	$0/08$

$p \leq 0/05$ بعنوان سطح معناداری در نظر گرفته شده است.

بحث و بررسی

مطالعه حاضر بررسی اثرات مکمل‌یاری بتآلآنین و کافئین بر عملکرد اختصاصی کاراته‌کاران نخبه بررسی کرده است. نتایج این تحقیق به‌طور واضح نشان‌دهنده بهبود قابل توجه در عملکرد هوازی و بی‌هوازی، از جمله تست هوازی اختصاصی کاراته و پرش عمودی در گروه‌هایی است که بتآلآنین و ترکیب بتآلآنین + کافئین دریافت کرده‌اند. این نتایج با مطالعه‌های مشابه در ورزش‌های مشابه مانند بوکس، جودو و جوجیتسو هم‌راستا است و تأثیر مثبت این مکمل‌ها را بر بهبود عملکرد ورزشی تأیید می‌کند.

مطالعات متعدد نشان داده‌اند که مصرف مزمن بتآلآنین می‌تواند غلظت کارنوزین عضلانی را بین ۴۰ تا ۸۰ درصد افزایش دهد که با بهبود عملکرد ورزشی همراه است (Saunders et al., 2017). این تأثیرات به‌ویژه در ورزش‌هایی که نیاز به انرژی گلیکولیتیک بالا دارند، مانند ورزش‌های رزمی و فعالیت‌های انفجاری، به‌خوبی مشهود است. در مطالعه حاضر، نتایج نشان‌دهنده بهبود معنادار عملکرد در آزمون هوازی و پرش عمودی در گروه‌هایی بود که بتآلآنین مصرف کرده بودند، که نشان‌دهنده تأثیر مثبت آن بر توان بی‌هوازی است. در آزمون پرش عمودی حاضر، اگرچه ماهیت پرش منفرد عمدتاً متکی بر سیستم انرژی فسفاژن است، اما اجرای سه پرش متوالی می‌تواند منجر به درگیری بیشتر سیستم بی‌هوازی گلیکولیتیک و ایجاد اختلال اسیدی-بازی در فیبرهای عضلانی شود. در این شرایط، افزایش سطح کارنوزین عضلانی در اثر مکمل‌یاری بتآلآنین با ایفای نقش بافری در برابر تجمع یون‌های هیدروژن قادر است خستگی زودرس را به تأخیر انداخته و توان تولید نیرو را حفظ نماید. از این رو، بهبود مشاهده شده در رکورد پرش عمودی را می‌توان به نقش احتمالی کارنوزین در کاهش کاهش pH و تسهیل تداوم انقباضات شدید عضلانی نسبت داد. این یافته‌ها با نتایج مطالعات پیشین در ورزش‌های مشابه مانند بوکس و جودو هم‌راستا است (Hobson et al., 2012). همانطور که توضیح داده شد، بتآلآنین یک اسید آمینه غیرپروتئینی است که به‌عنوان پیش‌ساز سنتز کارنوزین در عضلات عمل می‌کند. کارنوزین یک بافر درون سلولی است که می‌تواند pH عضلات را در طی فعالیت‌های شدید ورزشی تنظیم کرده و از تجمع اسید لاکتیک و یون‌های هیدروژن جلوگیری کند (Hobson et al., 2012). افزایش غلظت کارنوزین در عضلات باعث کاهش اسیدوز عضلانی و تأخیر در بروز خستگی می‌شود، که در نتیجه ظرفیت عملکرد بی‌هوازی و توانایی انجام فعالیت‌های با شدت بالا را افزایش می‌دهد (Trexler et al., 2022).

نتایج مطالعه حاضر نیز نشان‌دهنده بهبود معنادار در عملکرد هوازی و بی‌هوازی گروه‌هایی بود که کافئین مصرف کرده بودند. این یافته‌ها تأییدی بر مطالعات پیشین هستند که اثرات مثبت مصرف حاد کافئین را در بهبود توان استقامتی و انفجاری گزارش کرده‌اند (Grgic et al., 2020). به‌طور خاص، در این مطالعه به‌نظر می‌رسد که کافئین توانسته است به‌طور مؤثر زمان واکنش و ظرفیت عملکرد را در ورزشکاران کاراته‌کار افزایش دهد. کافئین به‌عنوان یکی از معروف‌ترین و پر مصرف‌ترین ترکیبات نیروزا در بین ورزشکاران شناخته می‌شود. این ماده با اثرات عمده بر سیستم عصبی مرکزی از طریق مهار گیرنده‌های آدنوزین، می‌تواند احساس خستگی را کاهش داده، زمان واکنش و توجه را بهبود بخشد و انگیزه ورزشکار را افزایش دهد (Grgic et al., 2020). این تأثیرات به‌ویژه در فعالیت‌های کوتاه‌مدت و شدید، مانند ورزش‌های رزمی، بسیار حائز اهمیت است. مصرف حاد کافئین (حدود ۳ تا ۶ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) یک ساعت قبل از فعالیت ورزشی توانسته است در بهبود قدرت، استقامت عضلانی و توان هوازی مؤثر باشد (Lara et al., 2014).

در مطالعه حاضر، ترکیب بت‌آل‌آنین و کافئین به‌طور معناداری باعث بهبود عملکرد در تست هوازی و پرش عمودی شد. با این حال، این نتایج با برخی از مطالعات قبلی که نتایج متناقضی در خصوص اثرات ترکیبی این دو مکمل گزارش کرده‌اند، همخوانی ندارد. این اختلاف می‌تواند به دلیل تفاوت در طراحی مطالعه، دوز مصرفی یا نوع ورزش باشد (Trexler et al., 2015). بنابراین، برای درک بهتر مکانیسم هم‌افزایی این دو مکمل نیاز به تحقیقات بیشتری در این زمینه وجود دارد. در حالی که هر یک از مکمل‌های بت‌آل‌آنین و کافئین به‌طور مستقل تأثیرات مثبتی بر عملکرد ورزشی دارند، مطالعه‌های کمی وجود دارند که به بررسی هم‌زمان این دو مکمل پرداخته‌اند. برخی از مطالعات نشان داده‌اند که مصرف هم‌زمان بت‌آل‌آنین و کافئین می‌تواند اثرات هم‌افزای فیزیولوژیکی ایجاد کند. این هم‌افزایی می‌تواند به دلیل ترکیب اثرات بت‌آل‌آنین در کاهش اسیدوز عضلانی و اثرات کافئین در افزایش تحریک‌پذیری سیستم عصبی مرکزی باشد (Ashtary-Larky et al., 2022).

یکی از نتایج جالب مطالعه حاضر عدم تغییر معنادار در شاخص درک فشار تمرینی (RPE) در گروه‌ها بود. این موضوع می‌تواند به‌ویژه در ورزش‌های رزمی که ترکیبی از فشار روانی و فیزیکی هستند، مورد توجه قرار گیرد. برخی از مطالعات نشان داده‌اند که مصرف کافئین می‌تواند احساس فشار تمرینی را کاهش دهد (Wang et al., 2022)، اما نتایج مطالعه حاضر نشان‌دهنده این است که در کاراته‌کاران نخبه این اثر مشاهده نشده است. به‌نظر می‌رسد که این یافته ناشی از پیچیدگی‌های روان‌شناختی و فشار رقابتی ورزش‌های رزمی باشد که نمی‌توان تنها با مصرف مکمل‌ها بر آن غلبه کرد. بنابراین، این مسأله نیازمند بررسی‌های بیشتر در جمعیت‌های مختلف ورزشی و با استفاده از پروتکل‌های مختلف است.

مطالعه حاضر نشان داد که مصرف بت‌آل‌آنین و ترکیب آن با کافئین موجب کاهش معنادار غلظت لاکتات خون پس از آزمون شد. این یافته‌ها تأکید می‌کنند که هر دو مکمل می‌توانند پاسخ‌های متابولیکی مطلوبی ایجاد کنند. کاهش لاکتات خون به‌ویژه در ورزش‌هایی که نیاز به استقامت و توان بی‌هوازی دارند، می‌تواند نشانه‌ای از کاهش خستگی و بهبود عملکرد باشد (Hobson et al., 2012). این نتایج همچنین با مطالعات قبلی همخوانی دارد که نشان داده‌اند بت‌آل‌آنین و کافئین می‌توانند تجمع لاکتات را کاهش دهند و عملکرد را بهبود بخشند (Guest et al., 2021).

با توجه به نتایج مثبت مصرف بتا آلانین و کافئین در بهبود عملکرد اختصاصی ورزشکاران کاراته کار نخبه، پیشنهاد می‌شود که در آینده، تحقیقات بیشتری بر روی ترکیب این دو مکمل در سایر ورزش‌های رزمی و فعالیت‌های فیزیکی با شدت بالا انجام گیرد. همچنین، در نظر گرفتن تأثیرات طولانی‌مدت و بررسی اثربخشی این ترکیب در شرایط رقابتی واقعی می‌تواند به مربیان و ورزشکاران کمک کند تا از این مکمل‌ها در برنامه‌های تمرینی و رقابتی استفاده کنند. به علاوه، مطالعه‌های آینده می‌توانند به بررسی مکانیسم‌های دقیق‌تر اثرات هم‌افزایی این دو مکمل، از جمله تأثیر آن‌ها بر پاسخ‌های هورمونی، عملکرد عصبی و سطح استرس تمرینی بپردازند. همچنین، تحقیقات بیشتری در خصوص مصرف کافئین در مقادیر مختلف و اثرات آن در کاهش درک فشار تمرینی (RPE) در ورزش‌های مختلف ضروری است.

این مطالعه با وجود طراحی متقاطع و دوسوکور، چند محدودیت اساسی دارد که باید در تحقیقات آینده مورد توجه قرار گیرد. اولین محدودیت، تعداد نسبتاً کم نمونه‌های مورد استفاده در این تحقیق است که ممکن است بر تعمیم‌پذیری نتایج تأثیر بگذارد. همچنین، مدت زمان مصرف مکمل‌ها تنها چهار هفته بود و بنابراین نیاز است که در تحقیقات آینده، اثرات طولانی‌مدت مصرف این مکمل‌ها بر عملکرد ورزشی و عوامل فیزیولوژیکی مورد بررسی قرار گیرد. از دیگر محدودیت‌ها، عدم اندازه‌گیری سایر متغیرهای مهم مانند سطح خواب و استرس روانی است که ممکن است بر نتایج عملکردی تأثیر گذار باشند.

نتیجه گیری

در کل نتایج این مطالعه نشان‌دهنده تأثیر مثبت مصرف مزمن بتا آلانین و مصرف حاد کافئین به‌طور مستقل و ترکیبی در بهبود عملکرد اختصاصی ورزشکاران کاراته کار نخبه است. هر چند که هیچ‌گونه تأثیری بر درک فشار تمرینی مشاهده نشد، تأثیرات مثبت این مکمل‌ها بر شاخص‌های عملکردی نظیر تست هوازی، پرش عمودی و غلظت لاکتات خون، اهمیت استفاده از این مکمل‌ها در برنامه‌های تمرینی و مسابقات ورزشی را نشان می‌دهد. این یافته‌ها می‌تواند به مربیان و متخصصان تغذیه ورزشی کمک کند تا راهبردهای بهینه‌تری برای ارتقاء عملکرد ورزشی ورزشکاران حرفه‌ای طراحی کنند.

تضاد منافع

این پژوهش هیچ‌گونه تضاد و تعارض منافی ندارد.

منابع

- Ashtary-Larky D, Bagheri R, Ghanavati M, Asbaghi O, Wong A, Stout JR. Effects of beta-alanine supplementation on body composition: a GRADE-assessed systematic review and meta-analysis. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2022;19(1):196-218.
- Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and science in sports and exercise*. 1982;14(5):377-81.
- Chaabène H, Hachana Y, Franchini E, Mkaouer B, Montassar M, Chamari K. Reliability and construct validity of the karate-specific aerobic test (KSAT). *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2012;26(12):3454-60.

- Chen B. Effects of Caffeine Supplementation on Physical Performance and Skill Execution in Volleyball Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. [Journal name]. 2025; [Volume]([Issue]): [Pages].
- de Salazar C, Soria M, Gómez M, Ocaña M, González-García J, de Paz JA. Increased Bioavailability of β -Alanine by a Novel Controlled-Release Formulation in a Randomized, Double-Blind, Crossover Study. *Nutrients*. 2021;13(10):3463.
- Décombaz J, Beaumont M, Vuichoud J, Bouisset F, Stellingwerff T. Effect of slow-release β -alanine combined with caffeine on endurance and cognitive performance in athletes. *European Journal of Sport Science*. 2012;12(1):57-65.
- Delleli S, Ouergui I, Messaoudi H, Trabelsi K, Ammar A, Glenn JM, et al. Acute Effects of Caffeine Supplementation on Physical Performance, Physiological Responses, Perceived Exertion, and Technical-Tactical Skills in Combat Sports: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*. 2022;14(14): [Pages].
- Gilsanz L, Lopez-Seoane J, Jimenez SL, Pareja-Galeano H. Effect of β -alanine and sodium bicarbonate co-supplementation on the body's buffering capacity and sports performance: A systematic review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2023;63(21):5080-93.
- Gonçalves LS, Painelli VS, Yamaguchi G, Oliveira LF, Saunders B, da Silva RP, et al. Caffeine does not augment the ergogenic effects of creatine supplementation. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2017;14:29.
- Grgic, J., Grgic, I., Pickering, C., Schoenfeld, B. J., Bishop, D. J., & Pedisic, Z. (2020). Wake up and smell the coffee: caffeine supplementation and exercise performance-an umbrella review of 21 published meta-analyses. *British journal of sports medicine*, 54(11), 681–688. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-100278>
- Grgic J, Trexler ET, Lazinica B, Pedisic Z. Effects of caffeine intake on muscle strength and power: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2018;15(1):11.
- Guest NS, VanDusseldorp TA, Nelson MT, Grgic J, Schoenfeld BJ, Jenkins ND. International Society of Sports Nutrition position stand: caffeine and exercise performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2021;18(1):1-28.
- Hobson RM, Saunders B, Ball G, Harris R, Sale C. Effects of β -alanine supplementation on exercise performance: a meta-analysis. *Amino acids*. 2012;43:25-37.

- Hopkins W, Marshall S, Batterham A, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine+ Science in Sports+ Exercise*. 2009;41(1):3.
- Howe ST, Bellinger PM, Driller MW, Shing CM, Fell JW. The effect of beta-alanine supplementation on isokinetic force and cycling performance in highly trained cyclists. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2013;23(6):562-70.
- Jayawardena R, Weerasinghe K, Sooriyaarachchi P, Hills AP. Effect of the beta-alanine supplementation in sports: an umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *Medicina dello Sport*. 2023;76(2):260-71.
- Lara B, Castillo MJ, García MC, López CM. Caffeine-containing energy drink improves physical performance in female soccer players. *Amino Acids*. 2014;46(5):1385-92.
- Markovic G, Dizdar D, Jukic I, Cardinale M. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2004;18(3):551-5.
- Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM. IOC consensus statement: Dietary supplements and the high-performance athlete. *British Journal of Sports Medicine*. 2018;52(7):439-55.
- Peeling P, Castell LM, Derave W, de Hon O, Burke LM. Sports foods and dietary supplements for optimal function and performance enhancement in track-and-field athletes. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2019;29(2):198-209.
- Pyne DB, Boston T, Martin DT, Logan A. Evaluation of the Lactate Pro blood lactate analyser. *European journal of applied physiology*. 2000;82(1):112-6.
- Saunders B, Elliott-Sale K, Artioli GG, Swinton PA, Dolan E, Roschel H, et al. β -alanine supplementation to improve exercise capacity and performance: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*. 2017;51(8):658-69.
- Trexler ET, Smith-Ryan AE, Stout JR, Hoffman JR. International Society of Sports Nutrition position stand: Beta-Alanine. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2015;12:30.
- Wang Z, Chen Z, Zhou H, Wang L, Li X, Lv Y. Effects of Caffeine Intake on Endurance Running Performance: A Meta-Analysis. *Nutrients*. 2022;14(12):2537.
- Wu W, Chen Z, Zhou H, Wang L, Li X, Lv Y, et al. Effects of Acute Ingestion of Caffeine Capsules on Muscle Strength and Muscle Endurance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*. 2024;16(8):1146.

The Effects of Beta-Alanine Supplementation and Acute Caffeine Intake on the Specific Performance of Elite Karate Athletes

Mohammad Hosein Maniyan, Mehdi Ghafari^{*}, Ebrahim Bani-Talebi

Department of Exercise Physiology, Faculty of Literature and Human Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

^{*}**Corresponding author:** ghafari.mehdi@gmail.com

Abstract

Objectives: The aim of this study was to examine the effect of four weeks of beta-alanine supplementation alone and in combination with acute caffeine consumption on the specific performance of elite karate.

Methods: Thirty elite karate athletes participated in the study in three groups in a double-blind, randomized manner, with three supplementation conditions (beta-alanine, beta-alanine + caffeine, placebo) for four weeks. Beta-alanine was consumed at 4.6 grams per day, and caffeine was consumed acutely (3 mg per kilogram of body weight) one hour before the test. Performance was assessed using a specific karate aerobic test, vertical jump, and the Borg perceived exertion index. Additionally, blood lactate levels were measured before supplementation, and before and after the tests. Data analysis was performed using repeated-measures ANOVA.

Results: A significant improvement in performance was observed in the specific aerobic test and vertical jump in the beta-alanine ($p<0.05$) and beta-alanine+caffeine ($p<0.05$) conditions, while no significant difference was found in the Borg perceived exertion index across any of the groups. Lactate changes showed a significant decrease in the beta-alanine and combined groups ($p<0.05$). Results indicated that both beta-alanine alone and the combination of beta-alanine + caffeine led to a significant reduction in blood lactate concentration after the test ($p<0.05$). However, inter-group comparisons did not reveal any significant differences between these two conditions.

Conclusion: Chronic beta-alanine supplementation and its combination with acute caffeine supplementation improve the specific performance of elite karate athletes, although no effect was observed on reducing perceived exertion during exercise.

Key words: Beta-Alanine, Caffeine, Specific Performance, Karate, Supplementation, Training