

## تأثیر مکمل‌یاری ترکیبی بتا‌آلانین و کافئین بر عملکرد، شاخص خستگی و لاکتات خون کاراته‌ها - کاهای پسر نوجوان

بنفشه بهرام بیگی<sup>۱</sup>، مهرداد عباسپور<sup>۲</sup>✉، داریوش مفلحی<sup>۳</sup>، فاطمه السادات روح الامینی<sup>۴</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۲

### چکیده

**هدف:** پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر ترکیبی مکمل‌های بتا‌آلانین و کافئین بر عملکرد ویژه کاراته، خستگی و لاکتات خون کاراته‌کاهای پسر نوجوان انجام شد.

**روش‌شناسی:** ۴۰ نوجوان کاراته‌کار با میانگین سنی ۱۵/۲۶±۲/۰۵ سال؛ قد: ۱۷۵/۴۳±۵/۷۷ سانتی‌متر و وزن: ۶۹/۹۱±۴/۱۰ کیلوگرم جهت شرکت در مطالعه به روش در دسترس انتخاب و بصورت تصادفی در ۴ گروه ۱۰ نفری کنترل (دارونما)، مکمل بتا‌آلانین، مکمل کافئین و ترکیب بتا‌آلانین و کافئین جایگزین شدند. کافئین با دوز ۵۰۰ میلی‌گرم/کیلوگرم وزن بدن در یک وعده و بتا‌آلانین به میزان ۲۰۰ میلی‌گرم/کیلوگرم وزن بدن به مدت ۵ روز و در دو وعده مصرف گردید. عملکرد ویژه کاراته با استفاده از تست ویژه کاراته KST، ظرفیت بی‌هوازی با آزمون RAST اندازه‌گیری شد. هم‌چنین میزان لاکتات خون آزمودنی‌ها قبل از مصرف مکمل و قبل و بعد از آزمون KST اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۲ و آنالیز واریانس دو طرفه تحلیل شدند.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که عملکرد ویژه کاراته در هر سه گروه مکمل نسبت به گروه کنترل بهبود معناداری داشت ( $p \leq 0.05$ ). شاخص خستگی در گروه‌های کافئین و ترکیبی و تغییرات لاکتات فقط در گروه ترکیبی کاهش معنی‌دار داشت ( $p \leq 0.05$ ).

**نتیجه‌گیری:** بر اساس نتایج تحقیق حاضر مصرف توام مکمل‌های بتا‌آلانین و کافئین موجب بهبود معنی‌دار عملکرد و کاهش معنی‌دار خستگی و لاکتات خون شد؛ بنابراین استفاده ترکیبی از آن‌ها در استراتژی‌های تغذیه‌ای کاراته‌کاهای توصیه می‌گردد.

**واژگان کلیدی:** کافئین، بتا‌آلانین، عملکرد، خستگی، لاکتات.

۱- کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

۲- استادیار فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران.

✉ نویسنده مسئول:

[m.abbaspour@uk.ac.ir](mailto:m.abbaspour@uk.ac.ir)

۳- دانشیار فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

۴- کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

ISSN: ۲۹۸۰-۸۹۶۰

تمامی حقوق این مقاله برای نویسندگان محفوظ است.

### ارجاع دهی:

Bahram Beigi, B. Abbaspour, M. Moflahi, D. Rooh Al-Amini, F. The effect of combined beta-alanine and caffeine supplementation on performance, fatigue index, and blood lactate of teenage male karatekas. *Research in Exercise Nutrition*, 2023. 2(2): p. 61-72 -. <https://doi.org/10.22034/ren.2024.140494.1053>.



## The effect of combined beta-alanine and caffeine supplementation on performance, fatigue index, and blood lactate of teenage male karatekas.

Banafshe Bahram Begi <sup>1</sup>, Mehdi Abbaspour <sup>2</sup>✉, Dariush Moflahi <sup>3</sup>, Fatima al-Sadat Rooh Al-Amini <sup>4</sup>.

Received: 2024/03/02

Accepted: 2024/03/10

### Abstract

**Aim:** The present study was conducted with the aim of investigating the combined effect of beta-alanine and caffeine supplements on karate-specific performance, fatigue and blood lactate of adolescent male karatekas.

**Methods:** 40 young karate practitioners with an average age of  $15.26 \pm 2.05$  years; Height:  $175.43 \pm 5.77$  cm and weight:  $69.91 \pm 4.10$  kg to participate in the study by the available method and randomly selected in 4 groups of 10 people control (placebo), beta-alanine supplement, caffeine supplement and The combination of beta-alanine and caffeine were replaced. Caffeine was consumed at a dose of 500 mg/kg body weight in one serving and beta-alanine at a dose of 200 mg/kg body weight for 5 days in two servings. Karate-specific performance was measured using KST karate-specific test, anaerobic capacity was measured by RAST test. Also, the blood lactate level of the subjects was measured before taking the supplement and before and after the KST test. The data were analyzed using SPSS version 22 statistical software and two-way analysis of variance.

**Results:** The results showed that the special performance of karate in all three supplement groups had a significant improvement compared to the control group ( $p \leq 0.05$ ). Fatigue index in the caffeine and combined groups and lactate changes were significantly reduced only in the combined group ( $p \leq 0.05$ ).

**Conclusion:** Based on the results of the present research, the combined use of beta-alanine and caffeine supplements significantly improved performance and significantly reduced fatigue and blood lactate; Therefore, it is recommended to use a combination of them in the nutritional strategies of karatekas.

**Keywords:** Caffeine, beta-alanine, performance, fatigue, lactate.

<sup>1</sup> Master of Sports Physiology, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

<sup>2</sup> Assistant Professor of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran.

✉ Corresponding author:  
[m.abbaspour@uk.ac.ir](mailto:m.abbaspour@uk.ac.ir)

<sup>3</sup> Associate Professor of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

<sup>4</sup> Master of Sports Physiology, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

ISSN:2980-8960

All rights of this article are reserved for authors.

### Citation:

Bahram Beigi, B. Abbaspour, M. Moflahi, D. Rooh Al-Amini, F. The effect of combined beta-alanine and caffeine supplementation on performance, fatigue index, and blood lactate of teenage male karatekas. *Research in Exercise Nutrition*, 2023. 2(2): p.61-72 -. <https://doi.org/10.22034/ren.2024.140494.1053>.

## مقدمه

مکمل سازی بتا آلانین به دست می آید، ظرفیت بافیری درون سلولی و زمان رسیدن به خستگی را در طول تمرینات با شدت بالا در ورزشکاران حرفه ای بهبود می بخشد (۱۰). با افزایش ظرفیت بافیری، مکمل بتا آلانین می تواند به کاراته کا امکان دهد تا قبل از شروع خستگی، مدت طولانی تری با شدت های بالاتر تمرین کرده و مسابقه دهد. در طول انجام حرکات با شدت بالا مانند آن چه که در مسابقات کاراته انجام می شود، افزایش ظرفیت بافیری می تواند به حفظ توان خروجی و اجرای فنون کمک کند (۱۱). از طرفی دیگر، کافئین به عنوان یک آلکالوئید پورینی محلول در چربی و عضوی از خانواده متیل گزانتین های موجود در ترکیبات بسیاری از نوشیدنی ها و مواد خوراکی رایج (مانند قهوه، چای و شکلات) و حتی برخی از داروها (مسکن ها و تقویت کننده ها) است (۱۲). اثرات ضد خستگی و انرژی زایی کافئین به خوبی در مطالعات اثبات شده است (۱۳) و شیوع مصرف کافئین به عنوان یک ماده نیروزا در بیشتر ورزشکاران استقامتی و قدرتی افزایش یافته است. افزایش نیروی عضله در نتیجه مصرف کافئین به رها سازی کلسیم از شبکه آندوپلاسمی یا افزایش حساسیت میوفیبریل ها به کلسیم و به دنبال آن افزایش تشکیل پل های عرضی مرتبط است. بدین ترتیب انقباض های عضلانی در مدت و شدت بیشتری می توانند تداوم یابند (۱۴، ۱۵). با این حال، در گذشته نظر رایج بر این بود که کافئین از طریق افزایش اکسایش اسیدهای چرب و حفظ ذخایر گلیکوژن عضلانی منجر به افزایش عملکرد ورزشکاران می شود. گزارش شده است اگر کافئین قبل از ورزش مصرف شود به علت تحریک آزاد سازی FFA ( اسیدهای چرب آزاد) منجر به حفظ گلیکوژن و به تأخیر انداختن خستگی می شود (۱۶). کروزسکی<sup>۲</sup> و همکاران اثربخشی مکمل های بتا آلانین، کافئین، ال سیترو لین مالات، آرژنین آلفا کتوگلو تارات، ال-تائورین، ال تیروزین را بر قدرت پرس، برانگیختگی و میزان فعالیت انجام شده در گروهی متشکل از ۱۵ مرد تمرین

در کاراته ورزشکاران با اجرای تکنیک های مکرر با شدت بالا، به متابولیسم غیر هوازی متکی هستند. به علت ماهیت تناوبی تکنیک های کاراته، اجرای موفق این تکنیک ها وابستگی زیادی به سیستم های انرژی بی هوازی داشته و انجام این گونه فعالیتها شارگلیکولیتیکی<sup>۱</sup> ایجاد می کند که منجر به خستگی شدید به ویژه در طول مسابقه می شود (۱). از پیامدهای شارگلیکولیتیک در حین ورزش با شدت بالا، تجمع یون های هیدروژن و لاکتات است که با خستگی عضلانی همراه است. استراتژی هایی که بتواند تولید انرژی بی هوازی را با بافر یون های هیدروژن و کاهش تجمع لاکتات را موجب شوند، می تواند به کاراته کا اجازه دهد تا در شدت های بالاتر با خستگی کمتر و تمرکز بیش تر، تمرین و مبارزه کنند (۲).

امروزه ورزشکاران درگیر در رشته هایی که نیاز به عملکرد ورزشی متناوب با شدت زیاد دارند برای جلوگیری از خستگی یا کاهش آن و همچنین برای تقویت عملکرد بی-هوازی، ترکیبی از مکمل ها را مصرف می کنند (۳-۶). پنج مکمل ارگوژنیک: کافئین، کراتین، بتا آلانین، بی کربنات سدیم و نیترات، توسط کالج پزشکی ورزشی آمریکا و کمیته بین المللی المپیک به عنوان مکمل های موثر مبتنی بر شواهد پژوهشی در تغذیه ورزشی شناسایی شده اند (۷). بتا آلانین به عنوان پیش ساز محدود کننده سرعت عملکرد کارنوزین، یک بافر درون سلولی است که در غلظت های بالا در عضلات اسکلتی یافت می شود (۸). در طول ورزش با شدت بالا، افزایش گلیکولیز بی هوازی منجر به تولید لاکتات و یون هیدروژن (H<sup>+</sup>) می شود و PH داخل عضلانی را کاهش می دهد. کارنوزین با پذیرش یون های H<sup>+</sup> به تنظیم تعادل اسید و باز کمک می کند و PH را کاهش می دهد (۹). نشان داده شده است که محتوای کارنوزین عضلانی بالاتر، که از طریق

<sup>۱</sup> شار یا فلو (Flux): حجمی از سیال است که در واحد زمان از سطح مفروضی عبور می کند.

<sup>۲</sup> Kruszewski

## روش شناسی

روش پژوهش حاضر از نوع تجربی و جامعه آماری تحقیق شامل پسران نوجوان کاراته‌کا با دامنه سنی ۱۲ الی ۱۸ سال بود. آزمودنی‌ها عضو تیم منتخب استان با سابقه حضور در مسابقات لیگ کشوری بودند. از بین جامعه‌ی آماری، تعدادی که دارای معیارهای ورود به مطالعه (حداقل دو سال سابقه شرکت در لیگ استانی و کشوری، بدون سابقه مصرف مکمل بتا آلانین و کافئین یا گذشت حداقل ۳ ماه از آخرین مصرف، عدم مصرف سایر مکمل‌ها) بودند، ۴۰ نفر شناسایی شده و به صورت تصادفی در ۴ گروه (۱۰ نفری دارونما (کنترل)، مکمل بتا آلانین، مکمل کافئین و گروه ترکیب هر دو مکمل جایگزین شدند (جدول ۱)). سپس فرم رضایت شرکت در تحقیق و فرم اطلاعات سلامت شخصی بین آزمودنی‌ها توزیع و تکمیل گردید. اجرای مطالعه حاضر توسط کمیته "اخلاق در پژوهش" دانشگاه شهید باهنر کرمان با کد اخلاق IR.UK.REC.1402.013 مورد تأیید قرار گرفت. شاخص‌های آماری متغیرهای زمینه‌ای شرکت‌کنندگان در گروه‌های مختلف چهارگانه در جدول شماره یک آورده شده است.

یک هفته قبل از شروع طرح، کلیه مراحل اجرای پژوهش در جلسه‌ای توجیهی توسط محقق برای آزمودنی‌ها توضیح داده شد. پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه توسط والدین یک روز قبل از اجرای پژوهش، مشخصات آنروپومتریکی آزمودنی‌ها شامل قد، وزن و سن آنها اندازه‌گیری شد (جدول ۱). فرم یادآمد غذایی ۲۴ ساعت قبل از اندازه‌گیری‌های تحقیق به آزمودنی‌ها تحویل شد. کنترل رژیم غذایی آزمودنی‌ها نیز از طریق پرسش‌نامه ثبت غذایی پنج روزه انجام شد و آزمودنی‌ها توصیه به پیگیری الگوی غذایی یکسان در مدت پنج روز بارگیری گردیدند. پس از اتمام دوره بارگیری، در روز ششم آزمودنی‌ها پس از صرف صبحانه دو ساعت قبل از اجرای برنامه در ساعت ۱۰، حاضر شدند. ابتدا اطلاعات اولیه، بررسی و در کاربرگ مخصوص ثبت گردید و سپس آزمودنی‌ها پس از ۱۰ دقیقه گرم کردن اختصاصی، شروع به اجرای آزمون‌ها کردند. عملکرد میدانی آزمودنی‌ها با آزمون

کرده، را آزمایش کردند. نتایج نشان داد که عملکرد ورزشکاران در حرکت پرس سینه پس از مصرف کافئین در مقایسه با مکمل بتا آلانین بالاتر بود ولی در متغیرهای روانشناختی تفاوتی مشاهده نشد (۳). مورفی<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۱) نیز اثرات کافئین، بتا آلانین و سیترات را بر آستانه تهویه و زمان رسیدن به خستگی جودوکاران حرفه‌ای بررسی کردند و بهبود معنی‌داری در آستانه تهویه‌ای و زمان رسیدن به خستگی با مصرف مکمل‌های کافئین و بتا آلانین گزارش نمودند (۷). بتا آلانین در ترکیب با کارنوزین موجب کاهش اسیدیته هنگام فعالیت عضلانی در طول تمرین با شدت بالا می‌شود. حقیقی و همکاران نیز طی مطالعه‌ای نشان دادند که مکمل‌سازی کافئین به همراه افرین باعث بهبود معنادار قدرت اندام تحتانی در هر دو گروه مصرف کننده افرین و کافئین در افراد تمرین کرده مقاومتی می‌شود اما تأثیر معنی‌داری بر قدرت بالاتنه و استقامت پایین تنه ندارد (۱۵).

اگرچه تحقیقات نشان می‌دهد که مکمل‌های بتا آلانین و کافئین بصورت مجزا می‌توانند ظرفیت ورزش با شدت بالا، توان خروجی و زمان رسیدن به خستگی را بهبود بخشند (۱۷، ۱۸)، اما مطالعات صورت گرفته در این زمینه نشان‌دهنده عدم تأثیر مصرف این مکمل‌ها نیز هستند (۱۰، ۱۹). با توجه به نیازهای فیزیولوژیکی منحصربه‌فرد ورزشکاران کاراته، مطالعه کنترل شده‌ای که اثرات بتا آلانین، کافئین و ترکیب آن‌ها را بر عملکرد ورزشی، از جمله توان خروجی، خستگی و لاکتات خون بررسی کند، ضرورت داشته و می‌تواند به تعیین استراتژی‌های بهینه مکمل‌یاری به کاراته‌کها کمک کند. در این راستا، تحقیق حاضر به دنبال پاسخ به این سؤالات است که آیا مصرف هم‌زمان مکمل بتا آلانین و کافئین بر شاخص خستگی، عملکرد و لاکتات خون کاراته‌کاهای پسر نوجوان تأثیر دارد؟

<sup>1</sup> Murphy

زوجی و برای تفاوت‌های بین گروهی عملکرد و شاخص خستگی از آزمون تحلیل کواریانس تک متغیره استفاده گردید. پیش از بررسی اثرات بین گروهی، برای برابری واریانس‌های خطا از آزمون لوین استفاده گردید. علاوه بر این، مفروضه همگنی شیب رگرسیون متغیر عملکرد و خستگی در گروه‌ها نیز مورد استفاده قرار گرفت.

#### یافته‌ها

اطلاعات توصیفی مربوط به متغیرهای تحقیق (لاکتات، عملکرد و شاخص خستگی) در جدول ۲ نشان داده شده است.

یافته‌های مربوط به تغییرات لاکتات خون آزمون تحلیل واریانس دوره با اندازه‌گیری مکرر نشان داد که اثر اصلی مراحل اندازه‌گیری ( $F=۴۰۱/۹۳$ ،  $sig=۰/۰۰۰۱$ ،  $\eta^2=۰/۹۰۵$ ) معنادار است؛ اما اثر اصلی گروه ( $F=۱/۰۸$ ،  $sig=۰/۳۴۹$ ،  $\eta^2=۰/۰۴۹$ ) و همچنین تعامل مراحل اندازه‌گیری با گروه ( $F=۲/۳۳$ ،  $sig=۰/۰۷۸$ ،  $\eta^2=۰/۱۰۰$ ) معنادار نمی‌باشد. همچنین نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی حاکی از تاثیر معنی‌دار مکمل یاری ترکیبی بود و مصرف مجزای کافئین و بتاآلانین تاثیر معنی‌دار بر لاکتات نداشت (نمودار ۱).

شبیه‌سازی شده کاراته ( $KST^{11}$ ) (۲۰) اندازه‌گیری و شاخص خستگی با استفاده از آزمون  $RAST^{22}$  و طبق معادله‌ی زیر استخراج گردید:

کل زمان طی شده در ۶ مرحله دوی سرعت / (حداقل توان - حداکثر توان) = شاخص خستگی

اندازه‌گیری لاکتات در سه مرحله پایه (قبل از مصرف مکمل)، قبل از اجرای آزمون شبیه‌سازی کاراته و بعد از اجرای آزمون شبیه‌سازی صورت گرفت.

#### بارگیری مکمل

مکمل بتاآلانین به صورت قرص تولید شرکت LOOX BETAALANINE ساخت ایران استفاده شد. آزمودنی‌ها مکمل بتاآلانین را به مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم/ کیلوگرم وزن بدن در دو وعده صبح و عصر و کافئین نیز به صورت قرص تولیدی شرکت VIVA POWER در کپسول‌های ۲۰۰ میلی‌گرمی ۵ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن آزمودنی‌ها در فاصله زمانی ۷ تا ۹ صبح همراه با وعده غذایی صبحانه مصرف شد (۲۱). گروه دارونما نیز همزمان و به میزان مشابه با گروه‌های مکمل از قرص‌های حاوی پودر نشاسته مطابق با گروه مکمل استفاده کرد.

#### تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ در سطح معنی داری  $P \leq ۰/۰۵$  انجام گردید. برای بررسی تغییرات لاکتات از آزمون تحلیل واریانس دوره با اندازه‌گیری مکرر و تعقیبی بونفرونی استفاده گردید. پیش فرض اول این آزمون - برابری ماتریس کواریانس - و پیش فرض دوم این آزمون اصل تقارن مرکب نیز رعایت گردید. برای برقراری اصل تقارن مرکب از آزمون کرویت موخلی استفاده گردید. برای بررسی تغییرات درون‌گروهی آزمون تی

<sup>11</sup> Karate Specific Test (KST)

<sup>22</sup> RUNNING-BASED ANAEROBIC SPRINT TEST (RAST)

جدول ۱. ویژگی‌های آنتروپومتریک گروه‌های چهارگانه شرکت‌کننده در تحقیق.

سن	بتا آلانین	کافئین	ترکیبی	کنترل
۲۰.۱±۱۴.۷۳	۱.۹۶±۱۶.۰۰	۲.۰۱±۱۵.۲۶	۲.۲۱±۱۵.۰۳	
۵.۷۳±۱۷۶.۲۰	۷.۰۱±۱۷۴.۶۰	۴.۶۲±۱۷۵.۷۳	۵.۶۱±۱۷۵.۱۹	
۵۰.۴±۷۰.۲۵	۶.۲۷±۷۰.۵۲	۴.۳۳±۶۹.۳۳	۴.۹۱±۶۹.۸۸	
BMI	۱.۰۸±۲۲.۶۰	۰.۵۴±۲۳.۰۹	۰.۹۹±۲۲.۴۴	۰.۷۷±۲۲.۳۳

جدول ۲. شاخص‌های آماری متغیرهای تحقیق در گروه‌های مختلف پس از مصرف مکمل.

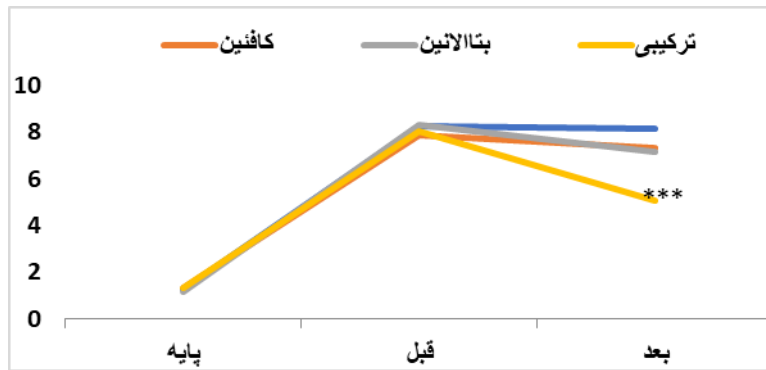
متغیر گروه	لاکتات استراحتی Mmol/L	لاکتات پایانی M.mol/L	شاخص خستگی (J)	عملکرد (S)
بتا آلانین	۰.۲۹±۱.۱۴	۱.۵۱±۷.۱۴	۶.۷۶±۳۹.۶۰	۱۰.۳۰±۸۷.۲۰
کافئین	۰.۲۶±۱.۳۲	۱.۶۰±۷.۳۱	۷.۷۵±۳۶.۷۳	۱۲.۶۰±۸۵.۸۰
ترکیبی	۰.۳۴±۱.۲۹	۱.۲۸±۵.۰۸	۷.۷۵±۳۰.۳	۱۱.۰۲±۸۷.۵۰
کنترل	۰.۱۸±۱.۲۷	۱.۵۸±۸.۱۵	۴.۷۵±۶۰.۵	۱۰.۳۰±۸۶.۰۰

### عملکرد آزمون KST

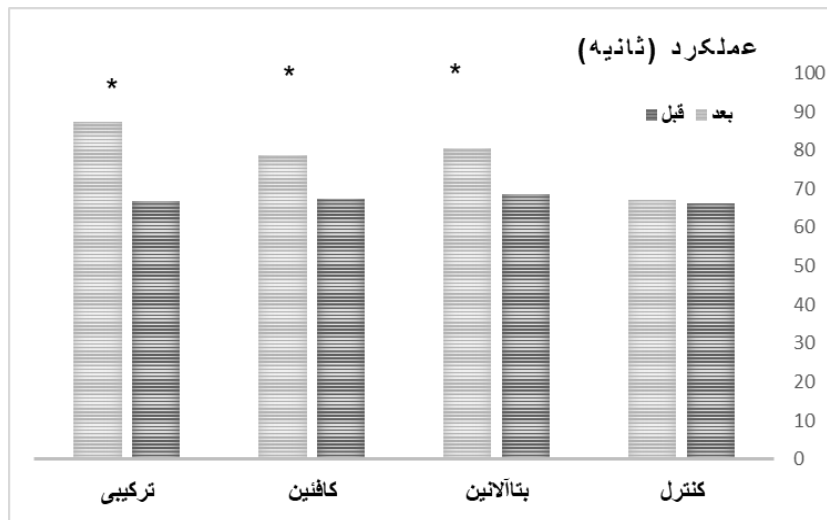
نتیجه آزمون تحلیل کواریانس تک متغیره نشان داد که بین اثرات مکمل یاری بتا آلانین، کافئین و ترکیب آن‌ها بر عملکرد کاراته‌کاهای پسر نوجوان تفاوت معناداری وجود دارد ( $F=۵/۸۰$ ,  $P=۰/۰۰۶$ ). در ادامه آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که شاخص عملکرد با اثر مصرف ترکیبی مکمل بتا آلانین و کافئین نسبت به مصرف هر یک از مکمل‌ها به‌تنهایی به‌صورت معناداری افزایش یافته است ( $P\leq ۰/۰۵$ ). بین اثرات مصرف مکمل بتا آلانین و مصرف مکمل کافئین در افزایش شاخص عملکرد

تفاوت معناداری یافت نشد ( $P> ۰/۰۵$ ). برای بررسی جداگانه اثربخشی هر یک از انواع مکمل‌دهی بر شاخص عملکرد کاراته‌کاهای پسر نوجوان از آزمون تی وابسته استفاده شد که نتایج آن نشان داد، شاخص عملکرد کاراته‌کاهای پسر نوجوان به‌طور معنی‌داری پس از مکمل‌دهی ترکیبی بتا آلانین و کافئین ( $P\leq ۰/۰۱۳$ )، مکمل‌دهی بتا آلانین ( $P\leq ۰/۰۴$ ) و مکمل‌دهی کافئین ( $P\leq ۰/۰۲۰$ ) افزایش یافته است. نمودار ۲-۴ تغییرات میانگین عملکرد را در گروه‌های مختلف طی مراحل قبل و بعد از مصرف مکمل نشان می‌دهد.

نمودار ۱. تغییرات سطوح لاکتات خون در گروه‌های مورد مطالعه طی مراحل مختلف اندازه‌گیری.



\*\*\*: اختلاف معنادار گروه‌های تجربی با گروه دارونما ( $p \geq 0.001$ ).



نمودار ۲: تغییرات میانگین عملکرد در گروه‌های مختلف طی مراحل قبل و بعد از مصرف مکمل.

\*: اختلاف معنادار نسبت به قبل از مصرف مکمل در سطح ۰/۰۵.

بتاآلانین و مصرف مکمل کافئین در بهبود شاخص خستگی تفاوت معناداری یافت نشد ( $p > 0.05$ ). همچنین نتایج آزمون تی وابسته نشان داد شاخص خستگی به‌طور معنی‌داری پس از مکمل‌دهی ترکیبی بتاآلانین و کافئین ( $p = 0.0001$ ) و مکمل‌دهی کافئین ( $p = 0.004$ ) بهبود یافته است ولی مکمل‌دهی بتاآلانین منجر به تغییر معناداری نشده است ( $p = 0.067$ ). نمودار ۴ تغییرات میانگین شاخص خستگی را در گروه‌های مختلف طی مراحل پیش آزمون و پس آزمون نشان می‌دهد.

## شاخص خستگی

نتیجه آزمون تحلیل کواریانس تک متغیره نشان داد که بین اثرات مکمل بتاآلانین و کافئین بر شاخص خستگی کاراته‌کاهای پسر نوجوان تفاوت معناداری وجود دارد ( $\mu = 0.339$ ,  $p = 0.0001$ ,  $F = 10.51$ ). در ادامه نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که سطوح شاخص خستگی در اثر مصرف ترکیبی مکمل بتاآلانین و کافئین نسبت به مصرف هر یک از مکمل‌ها به‌تنهایی به صورت معناداری بهبود یافته است ( $p < 0.05$ ). اما، بین مصرف مکمل

## بحث و نتیجه گیری

تأثیر بتاآلانین بر شاخص خستگی و لاکتات خون نیز نتایج مطالعات گذشته نشان می‌دهد که اثر مکمل بتاآلانین بر خستگی عصبی عضلانی و و بویژه سطح لاکتات خون هنوز نامشخص است. اگر چه در تحقیق حاضر استفاده ترکیبی این مکمل با کافئین موجب کاهش معنی‌دار هم شاخص خستگی و هم میزان لاکتات خون گردید اما رابطه بین بتاآلانین با خستگی، عملکرد و لاکتات پیچیده است و نیاز به بررسی بیشتر دارد. این امکان نیز وجود دارد که برخی از افراد ممکن است به مکمل بتاآلانین واکنش متفاوتی نشان دهند، و تحقیقات بیشتر می‌تواند عوامل بالقوه‌ای را که بر پاسخ‌های فردی نسبت به بتاآلانین تأثیر می‌گذارند، بررسی کند.

نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که استفاده از مکمل کافئین موجب کاهش معنی‌دار شاخص خستگی و و بهبود معنی‌دار عملکرد آزمودنی‌ها می‌شود اما تأثیر معناداری بر سطح لاکتات خون ندارد. با این حال زمانی که کافئین با مکمل بتاآلانین با هم استفاده شد نتایج بهتری حاصل شد و سطح لاکتات خون را نیز در مقایسه با گروه دارونما و بتاآلانین مجزا به طور معناداری کاهش داد. چندین مطالعه اثرات ارگوژنیک کافئین را هنگام اجرای آزمون‌های بی-هوازی تایید کرده‌اند (لوپزسیلوا، ۲۰۱۹؛ گریگ<sup>۹</sup>، ۲۰۱۸). بهبود عملکرد در پاسخ به کافئین ممکن است مربوط به رهایش بیشتر  $Ca^{++}$  از شبکه سارکوپلاسمی باشد که این تأثیر، اثرات نامطلوب  $H^{+}$  را خنثی کرده و انقباض عضلانی را تقویت می‌کند (۳۲). از طرفی، به نظر می‌رسد مکانیسم‌هایی که می‌توانند اثرات ارگوژنیک کافئین را توضیح دهند، در خارج از عضله اتفاق می‌افتد. از این نظر، عوامل مرکزی مرتبط با مکانیسم‌های مهار گیرنده‌های آدنوزین که منجر به کاهش تلاش درک شده می‌شود، ممکن است با افزایش عملکرد متعاقب مصرف کافئین مرتبط باشد (۳۳). یک مطالعه اثر کافئین بر عملکرد آزمون بی‌هوازی و مدت زمان انجام پرش بررسی و افزایش عملکرد در پرش، توان بی‌هوازی و حداکثر سرعت قبل از بلند شدن بدون تغییر در مدت زمان فازهای مختلف پرش را گزارش شده است (۳۴). از آنجایی که ذخایر PCr نمی‌توانند بر عملکرد در آزمون بی‌هوازی تأثیر بگذارند، به نظر می‌

در مطالعه حاضر به بررسی مقایسه اثرات مصرف ترکیبی و جداگانه مکمل‌های بتاآلانین و کافئین بر شاخص‌های خستگی، عملکرد و لاکتات خون در کاراته‌کاهای پسر نوجوان پرداخته شد. نتایج تحقیق حاکی از تفاوت معنی‌دار بین اثرات مصرف مجزا و ترکیبی مکمل‌های بتاآلانین و کافئین بود بطوری که بر متغیر لاکتات خون فقط مصرف ترکیبی اثر معنی‌دار داشت و بر متغیر شاخص خستگی مکمل بتاآلانین تأثیر معنی‌دار نداشت اما بر متغیر عملکرد آزمون KST هر سه شیوه مکمل یاری تأثیر معنی‌دار داشت. نتایج نشان داد که مکمل بتاآلانین فقط موجب بهبود شاخص عملکرد آزمودنی‌ها می‌شود و زمانی که با کافئین با هم استفاده شد موجب افزایش معنی‌دار عملکرد و کاهش معنی‌دار خستگی و لاکتات خون شد. از مطالعات همسو با نتایج حاضر در زمینه بهبود عملکرد پس از مکمل‌دهی بتاآلانین می‌توان مطالعات مرسر<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۲۲) (۲۲)، ساندرز و همکاران (۲۰۱۲) (b)، بهبود خستگی به مطالعه نگرو<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۵) (۲۳) و یاربروک<sup>۳</sup> (۲۰۱۶) (۲۴) و در متغیر کاهش لاکتات مطالعه باراهورا<sup>۴</sup> و همکاران (۲۵) و گروس<sup>۵</sup> و همکاران (۲۶) را نام برد. همچنین از مطالعات مغایر با نتایج مطالعه حاضر در بحث لاکتات می‌توان مطالعه زارع و همکاران (۲۰۲۱) (۲۷)، دونوان<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۲۲) (۲۸)، در بحث عملکرد مطالعه دل فاورو<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۱۲) (۲۹) و در بحث خستگی مطالعات زارع و همکاران (۲۰۲۱) (۲۷) و داگر<sup>۸</sup> و همکاران (۲۰۱۳) (۳۰) را نام برد. مکانیسم احتمالی که توسط آن بتاآلانین عملکرد ورزشی را افزایش می‌دهد از طریق افزایش غلظت کارنوزین درون عضلانی در فیبرهای عضلانی نوع I و نوع II است (۳۱). افزایش غلظت کارنوزین به نوبه خود ظرفیت بافری عضله را افزایش داده و اسیدوز را در عضله فعال کاهش می‌دهد. از طریق این فرآیند، مکمل بتاآلانین ظرفیت تولید انرژی گلیکولیتیک را بهبود می‌بخشد. در خصوص عدم معنی‌داری

<sup>1</sup> Mercer

<sup>2</sup> Negro

<sup>3</sup> Yarbrough

<sup>4</sup> Barahona

<sup>5</sup> Gross

<sup>6</sup> Donovan

<sup>7</sup> Del Favero

<sup>8</sup> Ducker

<sup>9</sup> Grgic



کافئین، ویتامین گروه B و کراتین را بر استقامت عضلانی، قدرت عضلانی و توجه و هشیاری را بررسی و گزارش نمودند که مکمل ترکیبی می‌تواند سبب کاهش خستگی، بهبود توجه و هشیاری و زمان عکس العمل گردد (۳۶). پنلی و همکاران (۳۷) در تحقیقی تاثیر مصرف همزمان مکمل بتاآلانین و سدیم بی کربنات بر عملکرد شنای سرعت ۱۰۰ و ۲۰۰ متر را بررسی نمودند. یافته‌های این محققین نتایج تحقیق حاضر را مورد تایید قرار می‌دهد و این محققین نیز مشاهده کردند مصرف مجزای مکمل و ترکیب آن‌ها سبب بهبود عملکرد ورزشی می‌شود اما زمانی که میزان تاثیر (ضریب اتا) مورد بررسی قرار گرفت مشاهده شد مکمل بتاآلانین تنها دارای ۶۲ درصد اما ترکیب دو مکمل عدد ۷۱ درصد را به خود اختصاص داد و این امر نشان دهنده اثر سینرژیک ترکیب مکمل‌ها می‌باشد که در تحقیق حاضر نیز نشان داده شده که ترکیب دو مکمل نسبت به مصرف مجزای آن‌ها سبب کاهش معنی‌دار لاکتات و خستگی و از طرف دیگر بهبود عملکرد ورزشی شد. محدودیت‌های اصلی تحقیق حاضر کنترل وضعیت روانی آزمودنی‌ها، میزان خواب و تغذیه آنها بود.

### نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی نتایج تحقیق حاضر نشان داد که مصرف ترکیبی مکمل‌های یک وعده‌ای کافئین حاد و یک هفته‌ای بتاآلانین عملکرد بی‌هوازی را در کاراته‌کاهای نوجوان همراه با کاهش میزان خستگی و افزایش عملکرد در آزمون‌های شبیه‌ساز کاراته و RAST بهبود بخشید. اثرات دو مکمل زمانی که با هم استفاده شدند منجر به هم‌افزایی آثار مثبت آن‌ها شده و مصرف ترکیبی این دو مکمل در رشته ورزشی کاراته می‌تواند بعنوان یک استراتژی تغذیه‌ای به مربیان و ورزشکاران این رشته توصیه شود.

### تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

### سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله ضمن تقدیر از نوجوانان کاراته‌کای شرکت‌کننده در پژوهش حاضر اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تعارض منافی در چاپ این مقاله ندارند.

رسد که تأثیر مثبت کافئین بر هماهنگی درون و بین عضلانی در طول انقباضات عضلانی ممکن است ناشی از افزایش فراهمی زیستی  $Ca^{2+}$  در میوپلاسم باشد. این موضوع می‌تواند بیانگر مکانیسم هم‌افزایی مصرف ترکیبی بتاآلانین و کافئین که منجر به افزایش توانایی در آزمون بی‌هوازی رست (کاهش شاخص خستگی) نیز می‌شود، باشد. پیش‌نهاد می‌شود تحقیقات آینده بر درک و کنترل بهتر متغیرهایی تمرکز کنند که بر اثرات انرژی‌زای کافئین بر عملکرد ورزشی تأثیر می‌گذارند. این موارد شامل مطالعه اثرات دوزهای مختلف، زمان مصرف و تأثیر عوامل فردی مانند ژنتیک است.

همانطور که در بحث مجزای هر یک از مکمل‌های کافئین و بتاآلانین ذکر شد تحقیقات مختلفی تاثیر مجزای هر یک از مکمل‌های بتاآلانین و کافئین را مورد بررسی قرار داده اند که نتایج آن در مباحث قبلی ذکر شد. در یکی از جدیدترین تحقیقات مورفی و همکاران (۷) در تحقیقی فراتحلیلی تاثیر سه مکمل کافئین، بتاآلانین و نیترات بر عملکرد ورزشکاران زن را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که بتاآلانین می‌تواند سبب کاهش میزان درک فشار، افزایش تحمل ورزشی و افزایش زمان اجرای تمرین در ورزشکاران گردد، از طرف دیگر کافئین با مهار گیرنده های آدنوزین و تحریک نوروترانسمیترها سبب بهبود عملکرد ورزشی می‌شود. نیترات نیز با افزایش اکسیژن‌رسانی و اتساع عروقی در بهبود عملکرد موثر است. اگرچه تحقیقات کمتری اثر همزمان این دو مکمل را بررسی نموده‌اند اما از تحقیقات مشابه می‌توان به تحقیقاتی اشاره نمود که تاثیر نوشیدنی‌های انرژی‌زا بر عملکرد ورزشی را مورد بررسی قرار داده اند. نتایج این تحقیقات نشان می‌دهد نوشیدنی‌های انرژی‌زا به دلیل ترکیب مواد معدنی و ویتامین‌ها توانسته اند عملکرد ورزشی را بهبود بخشند. مهم‌ترین ریز مغذی‌های اثر گذار بر عملکرد ورزشی در نوشیدنی‌های ورزشی شامل کافئین و تورین هستند (۳۵). در رابطه با اثر گذاری ترکیبی مکمل‌ها، همانطور که گفته شد به نظر می‌رسد که بتاآلانین به دلیل کاهش میزان درک فشار، افزایش تحمل ورزشی و افزایش زمان اجرای تمرین در ورزشکاران و کافئین با مهار گیرنده های آدنوزین و تحریک نوروترانسمیترها خواص نیروزایی را افزایش می‌دهد. اسپاردلی و همکاران تاثیر همزمان مصرف

PERFORMANCE AFTER A 4X400 M RUNNING FATIGUE PROTOCOL: A RANDOMIZED, DOUBLE-BLIND, PLACEBO-CONTROLLED TRIAL. *Kinesiology*. 2022;54(2):201-7.

9. Milioni F, de Poli RAB, Saunders B, Gualano B, da Rocha AL, da Silva ASR, et al. Effect of  $\beta$ -alanine supplementation during high-intensity interval training on repeated sprint ability performance and neuromuscular fatigue. *Journal of Applied Physiology*. 2019.

10. Mahmoudinezhad M, Zarezadeh M, Tabrizi FPF, Jamilian P, Jamilian P, Ostadrahimi A. The Influence of  $\beta$ -Alanine Supplementation on Recovery Biomarkers in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pharmaceutical Sciences*. 2022.

11. Vicente-Salar N, Fuster-Muñoz E, Martínez-Rodríguez A. Nutritional Ergogenic Aids in Combat Sports: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*. 2022;14(13):2588.

12. Lin Z, Wei J, Hu Y, Pi D, Jiang M, Lang T. Caffeine Synthesis and Its Mechanism and Application by Microbial Degradation, A Review. *Foods*. 2023;12(14):2721.

13. Kreutzer A, Graybeal AJ, Moss K, Braun-Trocchio R, Shah M. Caffeine supplementation strategies among endurance athletes. *Frontiers in sports and active living*. 2022;4:821750.

14. Marshall K. The effect of different dosages of caffeine on time to exhaustion in prolonged exercise in trained athletes (a meta analysis). 2010.

15. Haghghi A, Heshmati Kia A, Hosseini A. The Effect of Caffeine And Ephedrine Supplement And Their Combination on Maximal Strength And Muscular Endurance in Male bodybuilders. *Journal of Sport Biosciences*. 2013;5(4):89-107.

16. Martins GL, Guilherme JPLF, Ferreira LHB, de Souza-Junior TP, Lancha Jr AH. Caffeine and exercise performance: possible

## منابع

1. Bouhadj M. The importance of using physiological tests and anthropometrics during the selection process Karate U13 players A field study at the level of Jijel Karate Association-Algeria. *Mustansiriyah Journal of Sports Science*. 2020:95-105.

2. Sumi D, Kojima C, Kasai N, Goto K. The effects of endurance exercise in hypoxia on acid-base balance and potassium kinetics: a randomized crossover design in male endurance athletes. *Sports medicine-open*. 2018;4(1):1-8.

3. Kruszewski M, Merchelski M, Kruszewski A, Tabęcki R, Aksenov MO, Paęowski Ł. Effects of multi-ingredient pre-workout supplement and caffeine on bench press performance: a single-blind cross-over study. *Nutrients*. 2022;14(9):1750.

4. Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. Fatigue in soccer: a brief review. *J Sports Sci*. 2005;23(6):593-9.

5. Rahmanpour AH, Afroundeh R. Comparing the effects of creatine malate, betaine and beta-alanine supplements on the performance of boxing athletes. *Research in Exercise Nutrition*. 2024:-.

6. Fijan A, Daryanoosh F, Kooroshfard N, Hosseinezhad F, Foroozan N, Mehrez A. The effect of creatine and sodium bicarbonate supplementation on anaerobic performance, fatigue index and futsal specific performance test in elite futsal players in pre-season training. *Research in Exercise Nutrition*. 2022;1(2):43-52.

7. Murphy MJ, Rushing BR, Sumner SJ, Hackney AC. Dietary supplements for athletic performance in women: Beta-alanine, caffeine, and nitrate. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2022;32(4):311-23.

8. Todorovic N, Santibañez-Gutierrez A, Milovanov D, Stajer V, Ostojic SM, Fernández-Landa J. EFFECTS OF ACUTE B-ALANINE SUPPLEMENTATION ON COUNTERMOVEMENT JUMP

- elderly subjects: a randomized controlled double-blind study. *The journal of nutrition, health & aging*. 2019;23:414-24.
24. Yarbrough ME. Effects of Beta-alanine Supplementation and High Intensity Interval training among Recreationally Active Females. 2016.
  25. Barahona-Fuentes G, Ojeda ÁH, Maliqueo SG, Yeomans-Cabrera M-M, Jorquera-Aguilera C. Effects of acute beta-alanine supplementation on post-exertion rating of perceived exertion, heart rate, blood lactate, and physical performance on the 6-minute race test in middle-distance runners. *Nutrición Hospitalaria*. 2023;40(5).
  26. Gross M, Boesch C, Bolliger CS, Norman B, Gustafsson T, Hoppeler H, et al. Effects of beta-alanine supplementation and interval training on physiological determinants of severe exercise performance. *European journal of applied physiology*. 2014;114:221-34.
  27. Zare B, Koorosh fard N, Nemati J, Daryanoosh F. The Effect of Acute Different  $\beta$ -alanine Dosage on Functional Measures During 1km Time Trial Test in Female Athlete. *Journal of Sport Biosciences*. 2021;12(4):425-36.
  28. Donovan T, Ballam T, Morton JP, Close GL.  $\beta$ -alanine improves punch force and frequency in amateur boxers during a simulated contest. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2012;22(5):331-7.
  29. Del Favero S, Roschel H, Solis MY, Hayashi AP, Artioli GG, Otaduy MC, et al. Beta-alanine (Carnosyn™) supplementation in elderly subjects (60–80 years): effects on muscle carnosine content and physical capacity. *Amino acids*. 2012;43:49-56.
  30. Ducker KJ, Dawson B, Wallman KE. Effect of Beta-alanine supplementation on 2,000-m rowing-ergometer performance. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2013;23(4):336-43.
  31. Harris RC, Tallon M, Dunnett M, Boobis L, Coakley J, Kim HJ, et al. The directions for definitive findings. *Frontiers in sports and active living*. 2020:202.
  17. Wang Z, Qiu B, Gao J, Del Coso J. Effects of Caffeine Intake on Endurance Running Performance and Time to Exhaustion: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*. 2022 Dec 28;15(1). PubMed PMID: 36615805. Pubmed Central PMCID: PMC9824573. Epub 20221228. eng.
  18. Cardoso L, Nery T, Gonçalves M, Carolina Speck M, de Bem Alves AC, Bristot V, et al. Caffeine decreases neuromuscular fatigue in the lumbar muscles—a randomized blind study. *medRxiv*. 2020:2020.06.08.20122531.
  19. Przybylski P, Janiak A, Szewczyk P, Wieliński D, Domaszewska K. Morphological and motor fitness determinants of shotokan karate performance. *International journal of environmental research and public health*. 2021;18(9):4423.
  20. Tabben M, Coquart J, Chaabène H, Franchini E, Chamari K, Tourny C. Validity and reliability of new karate-specific aerobic test for karatekas. *International journal of sports physiology and performance*. 2014;9(6):953-8.
  21. Behpoor N, Yoosefi S. The Effect of  $\beta$ -Alanine Supplementation on Serum Lactate Response and Muscular Endurance in Male Bodybuilders. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*. 2017;12(2):19-26.
  22. Mercer KE, Maurer A, Pack LM, Ono-Moore K, Spray BJ, Campbell C, et al. Exercise training and diet-induced weight loss increase markers of hepatic bile acid (BA) synthesis and reduce serum total BA concentrations in obese women. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 2021;320(5):E864-E73.
  23. Negro M, Perna S, Spadaccini D, Castelli L, Calanni L, Barbero M, et al. Effects of 12 weeks of essential amino acids (EAA)-based multi-ingredient nutritional supplementation on muscle mass, muscle strength, muscle power and fatigue in healthy

absorption of orally supplied  $\beta$ -alanine and its effect on muscle carnosine synthesis in human vastus lateralis. *Amino acids*. 2006;30:279-89.

32. de Albuquerque Melo A, Bastos-Silva VJ, Moura FA, Bini RR, Lima-Silva AE, de Araujo GG. Caffeine mouth rinse enhances performance, fatigue tolerance and reduces muscle activity during moderate-intensity cycling. *Biology of sport*. 2021;38(4):517-23.

33. McMorris T. Cognitive fatigue effects on physical performance: The role of interoception. *Sports Medicine*. 2020;50(10):1703-8.

34. Lago-Rodriguez A, Jodra P, Bailey S, Domínguez R. Caffeine improves performance but not duration of the countermovement jump phases. 2020.

35. Jeffries O, Hill J, Patterson SD, Waldron M. Energy drink doses of caffeine and taurine have a null or negative effect on sprint performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2020;34(12):3475-81.

36. Spradley BD, Crowley KR, Tai C-Y, Kendall KL, Fukuda DH, Esposito EN, et al. Ingesting a pre-workout supplement containing caffeine, B-vitamins, amino acids, creatine, and beta-alanine before exercise delays fatigue while improving reaction time and muscular endurance. *Nutr Metab*. 2012;9(1):1-9.

37. de Salles Painelli V, Roschel H, De Jesus F, Sale C, Harris RC, Solis MY, et al. The ergogenic effect of beta-alanine combined with sodium bicarbonate on high-intensity swimming performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2013;38(5):525-32.