زیست‌شناسی جانوری، سال شانزدهم، ویژه‌نامه ۱۴۰۲، صفحات ۲۶۸- ۲۵۵

مقاله پژوهشی

تأثیر مکمل‌یاری بتاآلانین بر توانایی تکرار فعالیت سرعتی و ظرفیت بافری و عملکرد در بازیکنان مرد فوتبالیست جوان

احسان یوسفعلی‌زاده، ناهید بیژه*، مهتاب معظمی

گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

*مسئول مکاتبات: bijeh@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۴

DOI: 10.60833/ascij.2024.4011592

چکیده

هدف اصلی این مطالعه تعیین تأثیر مکمل یاری بتا آلانین (BA) بر RSA و ظرفیت بافری و عملکردی بازیکنان مرد جوان فوتبال بود. جامعه آماری پژوهش شامل فوتبالیست‌های مرد ۱۷ تا ۱۹ سال لیگ تهران بودند که از بین این جامعه آماری به‌صورت تصادفی و هدف‌دار ۲۰ آزمودنی انتخاب شدند. آزمودنی‌ها به‌صورت تصادفی به ۲ گروه کنترل (۱۰ نفر) و BA (10 نفر) تقسیم شدند. سطوح لاکتات و HCO3 خون در حالت استراحتی و بلافاصله بعد از فعالیت پیش‌آزمون RSA (7 ثانیه رکاب‌زنی با تمام توان و ۲۳ ثانیه استراحت غیرفعال بدون رکاب زدن برای ۱۲ مرتبه) گرفته شد. همچنین میانگین حداکثر توان خروجی (PPO) و متوسط توان خروجی (APO) برای هر اسپرینت در ۱۲ مرتبه از دوچرخه کارسنج استخراج شد، بعد از پس‌آزمون RSA، آزمودنی‌های گروه BA دوز ۶/۴ گرم BA و آزمودنی‌های کنترل به همان میزان از مالتودکسترین در ٤ نوبت در روز برای ۲۸ روز استفاده کردند، تمامی مراحل سنجش برای پس‌آزمون RSA تکرار شد. رژیم غذایی آزمودنی‌ها ۲ روز قبل از هر آزمون کنترل و مجدد در پس‌آزمون RSA تکرار شد. نتایج به‌صورت میانگین ± خطای استاندارد میانگین بیان شد. از آمار توصیفی، آزمون شاپیرو ویلک، آزمون تحلیل واریانس مرکب با اندازه‌گیری تکراری و آزمون تعقیبی بونفرونی و تی مستقل با استفاده از SPSS/22 در سطح معنی‌داری $p \leq ۰/۰۵$ برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها استفاده شد. نشان داده شد، مکمل یاری BA، اثر معنی‌داری بر میانگین سطوح لاکتات خون آزمودنی‌ها دارد، اما اثر معنی‌داری بر سطوح بی‌کربنات خون، PPO و APO اسپرینت‌ها ندارد، مکمل BA به غیر از سطوح لاکتات اثر مفیدی دیگری بر عملکرد توانایی اسپرینت مکرر در بازیکنان فوتبال نداشته است، با این داده‌های مربیان و بازیکنان احتمالاً می‌توانند در جهت افزایش عملکرد و کاهش اثرات منفی اسید لاکتیک از مکمل BA استفاده کنند.

کلمات کلیدی: خستگی، بتا آلانین، فعالیت سرعتی تکراری، لاکتات.

مقدمه

یکی از ویژگی‌های بارز ورزش‌های تیمی مانند فوتبال، بسکتبال و ... اسپرینت‌های مکرر است که با دوره‌های استراحت کوتاه از هم جدا می‌شوند (۲٤). حفظ توانایی اسپرینت مکرر (RSA) یک جزء عملکردی حیاتی در این ورزش‌ها است. به طور معمول، اسپرنت‌های مکرر در ورزش‌های تیمی شامل چندین فعالیت اسپرینت (٦ الی ۷ فعالیت با حداکثر سرعت) در مسافت‌های ۱۰ الی ۲۰ متر است که

معمولاً زمان این اسپرینت‌های منفرد بین ۲ الی ۹ ثانیه‌ی طول می‌کشد و به طور کلی با استراحت فعال ۲۰ تا ۲۵ ثانیه در طول رقابت همراه هستند (۱٤). یکی از رشته‌های که به اسپرینت‌های مکرر برای عملکرد بهتر و برتری در رقابت نیازمند است، رشته‌ی فوتبال می‌باشد. بازیکنان فوتبال یک رقابت مهم را با تعداد قابل توجهی از فعالیت‌های انفجاری، دوئل‌ها، شتاب‌ها و سرعت‌های تکراری کامل می‌کنند. این فعالیت‌ها با تلاش با شدت بالا انجام می‌شوند که ممکن است با تجمع متابولیت‌های عضلانی، مانند آدنوزین دی فسفات (ADP)، فسفات معدنی (Pi) و یون هیدروژن (H^+) همراه باشد که به خستگی عضلات منجر می‌شود. مقادیر بیش از حد H^+ فعالیت یون‌های کلسیم (Ca^{2+}) را در محل اتصال به تروپونین مختل می‌کند که بر جفت شدن تحریک-انقباض تأثیر می‌گذارد (۱). علاوه بر این، تجمع H^+ درون سلولی نشان‌دهنده‌ی یک از علت‌های مرتبط با خستگی عضلانی طی ورزش با شدت بالا است و نشان داده شده است که سنتز مجدد فسفو کراتین (PCr)، گلیکولیز و اختلال در سیستم بافری را مهار می‌کند. این بافرهای pH عضله توسط سیستم بافر فیزیکوشیمیایی پشتیبانی می‌شود که شامل Pi آزاد، کراتین فسفات و باقی مانده‌های هیستیدین، مانند کارنوزین است (۲۱). کارنوزین (β-آلانیل-ال-هیستیدین) یک دی‌پپتید سیتوپلاسمی و یکی از اولین خطوط سیستم دفاعی در برابر اسیدوز عضلانی به دلیل وجود ایمیدازول است که دارای مقدار pka بهینه ٦/۸۳ است و غلظت بالایی از آن در عضله اسکلتی انسان یافت می‌شود (۲۹/۲-۱٦ میلی مول بر کیلوگرم عضله خشک) (۱۸). علاوه بر این، عملکرد کارنوزین بیشتر با آنتی‌اکسیدان‌ها، ضد پیری، مهار گلیکوزیلاسیون پروتئین و بهبود زخم مرتبط است (۳). از آنجایی که بازیکنان فوتبال حین مسابقه بارها فعالیت‌های همراه با تغییر جهت را انجام می‌دهند (میانگین تغییر حرکات هر ٤ تا ٦ ثانیه) (۱۲) که ممکن است باعث اسیدوز عضلانی شود، بنابراین مکمل کارنوزین احتمالاً اثرات مفیدی در کاهش اسیدوز تولیدی دارد. بتا-آلانین (BA)، یک اسید آمینه غیرضروری، پیش ساز محدود کننده سرعت سنتز کارنوزین در سلول‌های عضلانی است (۱۵). نشان داده شده است که مکمل BA توسط ورزشکاران از طریق افزایش ظرفیت بافر میوسیت غیر بی‌کربنات و افزایش اتساع عروق با به تأخیر انداختن خستگی، عملکرد را بهبود می‌بخشد (۱۸). مطالعات قبلی نشان داده‌اند که مصرف مکمل BA با دوز ۳.۲-٦.٤ گرم در روز به مدت ٤ تا ۱۰ هفته می‌تواند محتوای کارنوزین درون سلولی را ٤۰ تا ۸۰ درصد افزایش دهد (۲۲). هم‌چنین، صرف نظر از حالت‌های مختلف تمرین، برخی از مطالعات نشان داده‌اند که مکمل‌سازی BA منجر به بهبود عملکرد فیزیکی در ورزش‌های با شدت بالا و سرعتی تکراری شد (۵، ۲۲). در مقابل، سایرین نتوانسته‌اند اثر مفید این مکمل را بر آزمون دویدن سرعتی تکراری روی تردمیل (۲۵) و تست بی‌هوازی وینگیت (۲) نشان دهند. افزایش محتوای کارنوزین عضلانی ناشی از BA ممکن است برای بازیکنان فوتبال مفید باشد. اگرچه برخی از مطالعات اثر BA را در فعالیت‌های سرعتی تکراری (RSA) بررسی کرده‌اند (۱، ۲، ۵). با این وجود نتایج مطالعات در زمینه مکمل‌یاری BA در مورد عملکرد شبیه‌سازی شده بازیکنان فوتبال بروی دوچرخه کار سنج ضد و نقیض است، در نتیجه نیاز به تحقیقات بیشتر در این زمینه پا بر جاست. در نتیجه، مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر مکمل BA بر RSA و پاسخ لاکتات و بی‌کربنات خون به این تست در بازیکنان فوتبال انجام شد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌های پژوهش: در این مطالعه از طرح تصادفی، دوسوکور، گروه موازی کنترل شده با دارونما استفاده شد. جامعه آماری پژوهش حاضر شامل مردان فوتبالیست‌های ۱۷ تا ۱۹ (رده‌بندی جوانان) سال شهر لیگ استان تهران بودند که از بین این جامعه (۱۶ تیم و مجموعاً ۳۶۱ نفر) آماری به‌صورت تصادفی و هدف‌دار ۲۰ آزمودنی انتخاب شدند. آزمودنی‌ها به‌صورت تصادفی به ۲ گروه کنترل و بتا آلانین تقسیم شدند: ۱۰ نفر گروه بتا آلانین (BA) و ۱۰ نفر گروه کنترل که از مالتودکسترین به عنوان گروه دارونما (Pla) استفاده کردند. اطلاعات دموگرافیک شرکت کنندگان در هر دو گروه در جدول ۱ ارائه شده است. قبل از شروع مطالعه، هر ورزشکار در دو روز جداگانه از آزمایشگاه بازدید کرد. روز اول شامل پر کردن و امضای یک فرم رضایت آگاهانه و تکمیل یک فرم اطلاعات بهداشتی پیش‌زمینه بود تا اطمینان حاصل شود که همه شرکت‌کنندگان معیارهای ورود را دارند. روز دوم شامل اندازه‌گیری ویژگی‌های شرکت کنندگان و همچنین اطلاعات در مورد خطرات و مزایای احتمالی مربوط به مشارکت بود. قبل از شروع دوره مکمل، هر ورزشکار در هر دو گروه تست RSA را انجام داد. پس از آن، از ورزشکاران درخواست شد که به مدت چهار هفته BA (گروه BA) و مالتودکسترین (گروه Pla) مصرف کنند. آزمون در ساعت مشابهی از روز (۹ صبح) در هر دو گروه انجام شد. شرکت‌کنندگان ۲۴ ساعت قبل از هر کار آزمایی از انجام هرگونه ورزش شدید و مصرف کافئین خودداری کردند و در روزهای آزمون‌گیری از رژیم غذایی مشابهی پیروی کردند (تمامی شرکت کنندگان حداقل به مدت ۶ ماه از هیچ نوع مکملی استفاده نکرده بودند)، در حالی که یادنامه‌های غذایی ۲ روز قبل از هر جلسه آزمایش تکمیل می‌شد تا از میزان سطح فعالیت ورزشی و رعایت رژیم غذایی مشابه قبل از هر آزمایش اطمینان حاصل شود (۱۳). همه آزمودنی‌ها قبل از رضایت آگاهانه از الزامات، مزایا و خطرات مطالعه مطلع شدند. تأییدیه این مطالعه توسط کمیته اخلاق در پژوهش‌های زیستی پزشکی دانشگاه فردوسی مشهد، با شماره (IR.UM.REC.1402.050) اخذ شد. همچنین در این پژوهش کلیه ضوابط و موارد اخلاق در پژوهش‌های انسانی و بر اساس بیانیه هلسینکی رعایت شد.

روش اجرای پژوهش: قبل از شروع پژوهش تمامی مراحل و فرآیندهای آزمون‌ها و خون‌گیری‌ها برای تمام آزمودنی‌ها توضیح داده شد، آزمودنی‌ها یک نوع آزمون عملکردی RSA را یک‌بار در ابتدای پژوهش قبل از مکمل‌دهی (توضیحات در قسمت پروتکل مکمل‌دهی) و یک‌بار بعد از ۲۸ روز مکمل‌دهی و دارونما انجام شد. در اولین مراجعه و آزمون اولیه اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریک از آزمودنی‌ها به عمل آمد، در همان روز اول هر یک از آزمودنی‌ها، برای اجرای آزمون RSA اول (پیش آزمون) روی دوچرخه‌ی کار سنج مدل 893E محصول شرکت Monark کشور سوئد قرار گرفتند. در ابتدا هر فرد برای گرم کردن روی دوچرخه کار سنج، به مدت پنج دقیقه با بار کار یک وات به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن رکاب زد و پس از آن پنج دقیقه، مرحله‌ی اصلی آزمون RSA آغاز شد. پروتکل شامل ۷ ثانیه رکاب‌زنی با تمام توان (رکاب‌زنی با تمام توان) و ۲۳ ثانیه استراحت غیرفعال بود (۸، ۹). این چرخه ۱۲ مرتبه تکرار شد که پس از اینکه ۱۲ مرتبه پروتکل RSA به پایان رسید (زمان کلی، ۳۶۰ ثانیه). درست همین نوع پروتکل RSA برای پس آزمون در ۲۸ روز بعد تکرار شد. آزمودنی‌ها رژیم غذایی خود را برای ۲ روز قبل از پیش آزمون RSA در یادنامه غذایی یادداشت نمودند و دقیقاً همان میزان غذا را طی ۴۸

ساعت قبل از مراجعه پس آزمون میل کردند (۸). برای آزمون‌های RSA، آزمودنی‌ها ۲ الی ٤ ساعت پس از آخرین وعده‌ی غذایی خود (صبحانه) در همان روز وارد آزمایشگاه می‌شدند و قبل از خون‌گیری برای مشخص شدن لاکتات، بی‌کربنات ۱۰ دقیقه استراحت غیرفعال داشتند، آخرین خون‌گیری از آزمودنی‌ها بلافاصله بعد از اتمام فعالیت RSA بود. همچنین داده‌های دوچرخه کار سنج شامل حداکثر توان خروجی (PPO) یا متوسط توان خروجی (APO) برای هر اسپرینت در هر دو گرو به صورت میانگین دریافت شد، به تمامی آزمودنی‌ها تذکر داده شد که دستور العمل‌های مکمل‌دهی و رژیم غذایی خود را در طی ۲۸ روز رعایت کنند و هیچ یک از آن‌ها ٤۸ ساعت قبل از انجام پروتکل RSA، مصرف الکل، کافئین و فعالیت بدنی شدید نداشته باشند. تمامی آزمایشات در محیط کنترل شده یکسان از نظر دمای و رطوبت نسبی و فشار انجام شد.

پروتکل مکمل‌دهی: این مطالعه شامل ۲ شرایط مکمل‌دهی بود: دارونما (PLA) و بتاآلانین (βA). آزمودنی‌های تحقیق هر کدام چند کپسول ژلاتینی سفید رنگ با گنجایش هر کپسول ۸۰۰ میلی‌گرم (ارتفاع این کپسول‌ها ۲۲/٤ میلی‌متر است) را همراه با ۵۰۰ میلی‌لیتر آب ساده دریافت کردند. جهت تعیین دوز و مدت زمان مصرف و نحوه‌ی مصرف هر یک از مکمل‌ها علاوه بر استناد بر مقالات علمی معتبر با یک متخصص تغذیه و رژیم درمانی مشاوره لازم به عمل آمد.

الف) گروه مالتودکسترین (PLA): تعداد کل کپسول-های گروه PLA و مکمل βA یکسان بود. علاوه بر این گروه PLA برای مدت ۲۸ روز از دارونما (مالتودکسترین) با تعداد کپسول مشابه مکمل βA استفاده کردند. ب) گروه βA: دوز بتا آلانین شامل ۲ کپسول ۸۰۰ میلی‌گرم در هر وعده برای ٤ نوبت در روز (مجموع ۸ کپسول با وزن کلی ٦/٤ گرم در هر روز) با فواصل مصرف بیش از ٤ ساعت همراه با غذا (۲ عدد در وعده‌های صبحانه، ۲ عدد همراه با نهار، ۲ عدد همراه با میان وعده‌ی ۱ ساعت قبل از تمرین و ۲ عدد قبل از خواب) برای ۲۸ روز بود (در طول ۵ هفته‌ی، پژوهش آزمودنی‌ها به طور متوسط ۱ جلسه تمرین کار با وزنه و ٤ جلسه تمرین فوتبال در چمن داشتند). این دوز خاص از بتا آلانین مشابه دوز مورد استفاده دکامباز و همکاران (۲۰۱۲) است (۹) که توده بدنی شرکت‌کنندگان آن به‌طور متوسط، افزایشی بین ۵۰ تا ۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم همراه با مصرف بتا آلانین و افزایش قابل توجهی در کاموزین عضله اسکلتی به میزان ۵۹ درصد را نشان داد. یک ساعت قبل از شروع پروتکل RSA روی دوچرخه‌ی کار سنج همراه با یک وعده‌ی غذایی یکسان برای همه‌ی آزمودنی‌ها، دوز مصرفی بتا آلانین ۳/۲ گرم (۳ کپسول ۸۰۰) به همراه تعدادی کپسول دارونما حاوی مالتودکسترین برای یکسان سازی تعداد کپسول‌های دریافتی توسط همه‌ی گروه‌ها بود. برای رضایت از انجام و مصرف مکمل‌ها از آزمودنی‌ها پرسش‌نامه‌ی رضایت استفاده از مکمل‌ها گرفته شد. علاوه بر مکمل‌دهی صورت گرفته در دوره مکمل‌دهی، در زمان گرفتن نمونه‌های خونی آزمایشگاهی (قبل و بعد از مکمل‌دهی)، اگر فردی از لحاظ گوارشی مشکل برای هضم این مکمل‌ها داشته، آن را از طریق شماره داخل پرسشنامه به آزمونگر انتقال می‌داد (صفر بدون هیچ مشکل و ۱۰ ناراحتی بسیار زیاد در گوارش) (۸).

روش‌های آزمایشگاهی: نمونه‌های خونی از ورید آنتکوبیتال (ورید بازویی در هر بار به میزان ۳ میلی‌لیتر) با استفاده از سرنگ‌های پوشش داده شده با هپارین جمع‌آوری شد، ۲ میلی‌لیتر از آن جهت جداسازی پلاسما در داخل دستگاه سانتریفیوژ (۲۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه و در ٤ درجه‌ی سانتی-

گراد) قرار داده شد. پس از جداسازی پلاسما تا زمان تجزیه و تحلیل بیومارکرهای خونی در دمای ۸۰- C^{o} ذخیره شد. لاکتات پلاسما به روش اسپکتروفتومتری با استفاده از یک روش آنزیمی تعیین شد. باقی نمونه‌های خونی مستقیماً به دستگاه آنالایزر گاز خون، برای تعیین PCO2 تزریق شد. غلظت بی‌کربنات خون بر اساس معادله هندرسون- هاسلبالخ محاسبه شد (۱۹).

$$(1 - 0.014)Hb() \times ()HCO3 -) - 24 + (1.43)Hb) + 7.7) \times (pH -7.4).$$

همچنین برای اندازه‌گیری لاکتات، مقدار ۱۰ میکرو لیتر از نمونه پلاسما را با ۱۰۰۰ میکرو لیتر واکنشگر مخلوط شد و سپس به مدت ۵ دقیقه در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس مخلوط را در لوله آزمایش ریخته و در درون دستگاه اسپکتروفتومتری گذاشته می‌شود تا اندازه‌گیری مورد نظر تحقق یابد. محاسبه غلظت لاکتات با استفاده از استاندارد فرمول زیر به دست آمد: Lactate (mg/dl) $= \frac{As}{Astd} \times 30$ اختصار As به معنای طول موج نمونه و ASTD به معنای طول موج استاندارد است. همچنین برای تبدیل واحد میلی‌گرم (mg) در دسی لیتر (۲۰) به میلی مول در لیتر اعداد به دست آمده بر عدد ۹ تقسیم شدند (۱۷).

تحلیل آماری: در این پژوهش، از روش‌های آمار توصیفی برای محاسبه شاخص‌های مرکزی و پراکندگی استفاده گردید. از آزمون شاپیرو-ویلک برای بررسی نرمال بودن داده‌ها استفاده شد. از آزمون لوین برای بررسی برابری واریانس متغیرهای مورد نظر استفاده شد. در بخش آمار استنباطی، از آزمون تحلیل واریانس مرکب با اندازه‌گیری تکراری به همراه آزمون تعقیبی بونفرونی ج و آزمون تی مستقل استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ انجام گردید.

نتایج

در ابتدا نتایج آزمون شاپیرو ویلکز نشان داد که سطح معنی‌داری هر یک از متغیرها در هر یک از مراحل اندازه‌گیری بالاتر از ۰/۰۵ می‌باشد و لذا توزیع داده‌ها طبیعی می‌باشد. برای آزمون این فرضیه از آزمون تحلیل واریانس مرکب (۲ (گروه) × ٤ (مراحل اندازه-گیری)) استفاده گردید. پیش فرض اول این آزمون برابری ماتریس کوواریانس می‌باشد. با توجه به عدم معنی‌داری آزمون باکس (۰/۳٦۵ = p)، ماتریس کوواریانس داده‌ها برابر می‌باشد. پیش فرض دوم این آزمون اصل تقارن مرکب می‌باشد. برای برقراری این اصل از آزمون کرویت موخلی استفاده گردید. با توجه به معنی‌دار بودن آزمون کرویت موخلی (۰/۰۰۰۱ p =)، شاخص‌های (F) مربوط به اثر گرین‌هاوس گیسر گزارش شد. علاوه پیش از بررسی اثرات بین گروهی، برای برابری واریانس‌های خطا از آزمون لوین استفاده گردید. نتایج این آزمون نشان داد که آزمون F برای هیچ یک از عامل‌های درون گروهی معنی‌دار نیست (p-پیش‌آزمون=۰/٦، p-RSA1=۰/۰۰۲، p-پس‌آزمون=۰/۹۹، p-RSA2=۰/۸۵) و این نشان می‌دهد که مفروضه همگنی واریانس در بین گروه‌های متغیر مستقل برقرار است. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌گردد، یافته‌های مربوط به آزمون تحلیل واریانس مرکب با اندازه‌گیری تکراری نشان داد که اثر اصلی مراحل اندازه‌گیری (F=۳۷۹/۸٦، sig=۰/۰۰۰۱، η^2=۰/۹۵۵) همچنین تعامل مراحل اندازه‌گیری با گروه (۰/۲۱۸= η^2،sig=۰/۰۱٦، F=۵/۰۰۷) معنادار است؛ اما اثر اصلی گروه به دلیل اینکه اثر تعاملی (مراحل اندازه‌گیری * گروه) معنادار است، از اثرات اصلی صرف نظر می-گردد. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌گردد، یافته‌های مربوط به آزمون تحلیل واریانس مرکب با اندازه-گیری تکراری نشان داد که اثر اصلی مراحل اندازه‌گیری (F=۸۳۹/۷٤، sig=۰/۰۰۰۱، η^2=۰/۹۵۹) و

همچنین تعامل مراحل اندازه‌گیری با گروه (۰/۳۰۸= η^2، sig=۰/۰۰۰۱، F=۳٤/۵) معنادار است؛ اما اثر اصلی گروه (F=۱۹/٦، sig=۰/۰۰۰۲، η^2=۰/۳٤۰) معنادار نمی‌باشد. به دلیل اینکه اثر تعاملی (مراحل اندازه‌گیری * گروه) معنادار است، از اثرات اصلی صرف نظر می‌گردد. در ادامه از یک طرح تحلیل واریانس درون گروهی با اندازه‌گیری تکراری روی عامل مراحل اندازه‌گیری برای مشخص نمودن تأثیر مداخل مکملی استفاده شد. به دلیل معنی‌دار بودن آزمون کرویت موخلی در گروه‌های مکملی (۰/۰۰۱=$p_{\text{بتاآلانین}}$ و ۰/۰۰۰۱= $p_{\text{کنترل}}$)، شاخص‌های (F) مربوط به آزمون گرین هوس گیسر استفاده گردید. دیگر نتایج جدول ۲ حاکی از این است که مصرف بتا آلانین بر سطوح لاکتات (mmol/L) به دنبال فعالیت سرعتی تکراری در فوتبالیست‌های جوان تأثیر معنی‌داری دارد (F=۱۸۲/۰۲، sig=۰/۰۰۰۱، η^2=۰/۹۵۳). در ادامه نتایج آزمون پیگردی بنفرونی نشان داد که سطوح لاکتات در فوتبالیست‌های جوان به صورت معناداری از مرحله استراحتی اول تا پس از فعالیت سرعتی تکراری اول به میزان ۹/٤٤ میلی مول بر لیتر افزایش یافته است (p < ۰/۰۵). علاوه، سطوح لاکتات در فوتبالیست‌های جوان به صورت معناداری از مرحله استراحتی دوم تا پس از فعالیت سرعتی تکراری دوم به میزان ۱۲/٦۹ میلی مول بر لیتر افزایش یافته است (p < ۰/۰۵). دیگر نتایج حاکی از عدم وجود تفاوت معنادار در سطوح لاکتات فوتبالیست‌های جوان از مرحله فعالیت سرعتی تکراری اول تا فعالیت سرعتی تکراری دوم پس از مصرف بی‌کربنات سدیم بود (p > ۰/۰۵). همچنین نتایج نشان داد که بین مرحله استراحتی اول و فعالیت سرعتی تکراری دوم (۰/۰۵ > p) تفاوت معناداری وجود دارد (p < ۰/۰۵)؛ اما بین سطوح لاکتات مرحله استراحتی دوم و فعالیت سرعتی تکراری اول (p > ۰/۰۵) و مرحله استراحتی اول و دوم تفاوت معناداری یافت نشد (p > ۰/۰۵). دیگر نتایج جدول ۲ حاکی از این بود که در سطوح لاکتات به دنبال فعالیت سرعتی تکراری در فوتبالیست‌های جوان گروه کنترل تفاوت معناداری یافت شد (F=۲۰۷/۷٤ ،sig=۰/۰۰۰۱، η^2=۰/۹۵۸). در ادامه نتایج آزمون پیگردی بنفرونی نشان داد که سطوح لاکتات در فوتبالیست‌های جوان به صورت معناداری از مرحله استراحتی اول تا پس از فعالیت سرعتی تکراری اول به میزان ۹/۷۲ میلی مول بر لیتر افزایش یافته است (p < ۰/۰۵). علاوه، سطوح لاکتات در فوتبالیست‌های جوان به صورت معناداری از مرحله استراحتی دوم تا پس از فعالیت سرعتی تکراری دوم به میزان ۱۰/۰۸ میلی مول بر لیتر افزایش یافته است (p < ۰/۰۵). دیگر نتایج حاکی از عدم وجود تفاوت معنادار در سطوح لاکتات فوتبالیست‌های جوان از مراحلِ فعالیت سرعتی تکراری اول تا فعالیت سرعتی تکراری دوم بود (p > ۰/۰۵). همچنین نتایج نشان داد که بین مرحله استراحتی اول و فعالیت سرعتی تکراری دوم (p <۰/۰۵) تفاوت معناداری وجود دارد (p < ۰/۰۵)؛ اما بین سطوح لاکتات مرحله استراحتی دوم و فعالیت سرعتی تکراری اول (p > ۰/۰۵) و مرحله استراحتی اول و دوم تفاوت معناداری یافت نشد (p > ۰/۰۵). در ادامه از آزمون تی مستقل برای مقایسه سطوح لاکتات فوتبالیست‌های جوان بین گروه‌های مورد مطالعه استفاده گردید که نتایج آن در جدول ۳ ارائه گردیده است. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌گردد، نتایج آزمون تی مستقل نشان داد که تنها در مرحله RSA2 بین سطوح لاکتات فوتبالیست‌های جوان تفاوت معنی‌داری وجود دارد (t=۲/٦٦، sig=۰/۰۱٦). شکل ۱ تغییرات سطوح لاکتات گروه‌های مورد مطالعه را در هر یک از مراحل اندازه‌گیری نشان می‌دهد. برای HCO3 از آزمون تحلیل واریانس مرکب

(۲ (گروه) × ٤ (مراحل اندازه‌گیری)) استفاده گردید. پیش فرض اول این آزمون برابری ماتریس کوواریانس می‌باشد. با توجه به عدم معنی‌داری آزمون باکس (p = ۰/۸۱٤)، ماتریس کوواریانس داده‌ها برابر می‌باشد. پیش فرض دوم این آزمون اصل تقارن مرکب می‌باشد. برای برقراری این اصل از آزمون کرویت موخلی استفاده گردید. با توجه به معنی‌دار بودن آزمون کرویت موخلی (p = ۰/۳۳٦)، شاخص-های F مربوط به فرض کرویت گزارش شد. علاوه پیش از بررسی اثرات بین گروهی، برای برابری واریانس‌های خطا از آزمون لوین استفاده گردید. نتایج این آزمون نشان داد که آزمون F برای هیچ یک از عامل‌های درون گروهی معنی‌دار نیست (۰/٤۱= p پیش-آزمون، ۰/۷۳= p-RSA1، ۰/۰۷= p پس‌آزمون-، ۰/۲۹= p-RSA2) و این نشان می‌دهد که مفروضه همگنی واریانس در بین گروه‌های متغیر مستقل برقرار است. همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌گردد، یافته‌های مربوط به آزمون تحلیل واریانس مرکب با اندازه‌گیری تکراری نشان داد که اثر اصلی مراحل اندازه‌گیری (η^2=۰/۹۳۲، sig=۰/۰۰۰۱، F=٤۹۳/۰۷)، اثر اصلی گروه (η^2=۰/۸۹۵، sig=۰/۰۰۰۱، F=٦٦/٦۹) معنی‌دار است، اما تعامل مراحل اندازه‌گیری با گروه (η^2=۰/۵۲۲، sig=۰/۰۰۰۱، F=۱۳/۰۹) معنادار نیست.

با توجه به اینکه عامل اصلی گروه معنی‌دار بوده است، مشخص گردید بین گروه بتا آلانین و کنترل در سطوح HCO3 تفاوت معنی‌داری وجود دارد. همچنین، با توجه به اینکه عامل مراحل اندازه‌گیری معنی‌دار بوده است برای مشخص کردن جایگاه تفاوت‌های موجود در مراحل اندازه‌گیری از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده گردید که یافته‌های آن در جدول ٦ گزارش شده است. همان‌طور که در جدول ٦ مشاهده می‌شود نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که بین مراحل استراحتی اول با بعد از RSA1 (p = ۰/۰۰۰۱) و بعد از RSA2 (p = ۰/۰۰۰۱) تفاوت معنی‌داری وجود دارد. همچنین بین مراحل استراحتی دوم با بعد از RSA1 (p = ۰/۰۰۰۱) و بعد از RSA2 (p = ۰/۰۰۰۱) تفاوت معنی‌داری وجود دارد. دیگر نتایج حاکی از عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین مرحله استراحتی اول و استراحتی دوم (p = ۰/۹۹۹) و همچنین بعد از RSA1 و RSA2 (p = ۰/۹۹۹) بود. با توجه به آزمون تی مستقل هیچ تفاوتی در حداکثر توان خروجی (PPO) یا متوسط توان خروجی (APO) بین گروه مکمل و دارونما در طول هر یک اسپرینت‌ها (۱۲ تا ۷ ثانیه) آزمایش پروتکل RSA مشاهده نشد (جدول ۷).

جدول ۱- نتایج آزمون تحلیل واریانس مرکب با اندازه‌گیری تکراری برای سطوح لاکتات

مؤلفه	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	مقدار F	سطح معنی‌داری	مجذور اتا
مراحل اندازه‌گیری	۲۲۱٤/۱۵	۱/۷۵	۱۲٦۲/۲۷	۳۷۹/۸٦	۰/۰۰۰۱	۰/۹۵۵
گروه	۵/۹٤	۱	۵/۹٤	۳/۲۰	۰/۰۹۰	۰/۱۵۱
مراحل اندازه‌گیری × گروه	۲۹/۱۸	۱/۷۵	۱٦/٦۳	۵/۰۰۷	۰/۰۱٦	۰/۲۱۸

جدول ۲- نتایج آزمون تحلیل واریانس درون گروهی با اندازه‌گیری تکراری برای سطوح لاکتات در هر یک از گروه‌های تمرینی

گروه	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	مقدار F	سطح معنی‌داری	مجذور اتا
بتاآلانین	۱۲٦۲/۸۹	۱/۷۹	۷۰٤/۰۰٦	۱۸۲/۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۹۵۳

جدول ۳- نتایج آزمون تی مستقل بین گروهی در هر یک از مراحل اندازه‌گیری برای سطوح لاکتات

مراحل اندازه‌گیری	آزمون لون		t	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
	F	سطح معناداری			
مرحله استراحتی اول	۰/۲۷۵	۰/۶۰۶	-۱/۱۰	۱۸	۰/۲۸۵
RSA1	۱۲/۶۱	۰/۰۰۲	-۰/۵۶	۱۳/۱۴	۰/۵۷۹
مرحله استراحتی دوم	۰/۰۰۱	۰/۹۹	۱/۰۵	۱۸	۰/۳۰۶
RSA2	۰/۰۳۶	۰/۸۵۲	۲/۶۶	۱۸	۰/۰۱۶

جدول ۵- نتایج آزمون تحلیل واریانس مرکب با اندازه‌گیری تکراری برای سطوح HCO3

مؤلفه	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	مقدار F	سطح معنی‌داری	مجذور اتا
مراحل اندازه‌گیری	۱۰۶۱/۷۳	۳	۳۵۳/۹۱	۲۰۶/۸۹	۰/۰۰۱	۰/۹۲۰
گروه	۸/۷۷	۱	۸/۷۷	۲۷/۱۶	۰/۰۰۱	۰/۴۷۵
مراحل اندازه‌گیری × گروه	۷/۵۶	۳	۲/۵۲	۱/۴۷	۰/۲۳۲	۰/۰۷۶

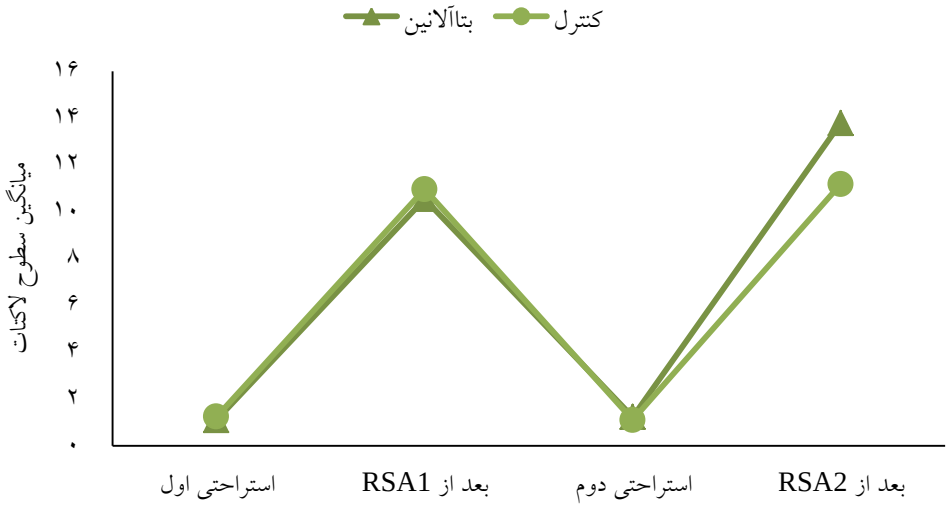
جدول ۶- مقایسه درون گروهی سطوح HCO_3 در مراحل آزمون تعقیبی بونفرونی

مراحل (I)	مراحل (J)	اختلاف میانگین	خطای استاندارد	سطح معنی‌داری
استراحتی اول	بعد از RSA1	۶/۹۵	۰/۲۸	۰/۰۰۰۱
	استراحتی دوم	-۰/۱۹	۰/۴۵	۰/۹۹۹
بعد از RSA1	بعد از RSA2	۷/۴۱	۰/۳۶	۰/۰۰۰۱
	استراحتی دوم	-۷/۱۴	۰/۴۸	۰/۰۰۰۱
استراحتی دوم	بعد از RSA2	۰/۴۶	۰/۴۰	۰/۹۹۹
	بعد از RSA2	۷/۶۰	۰/۴۵	۰/۰۰۰۱

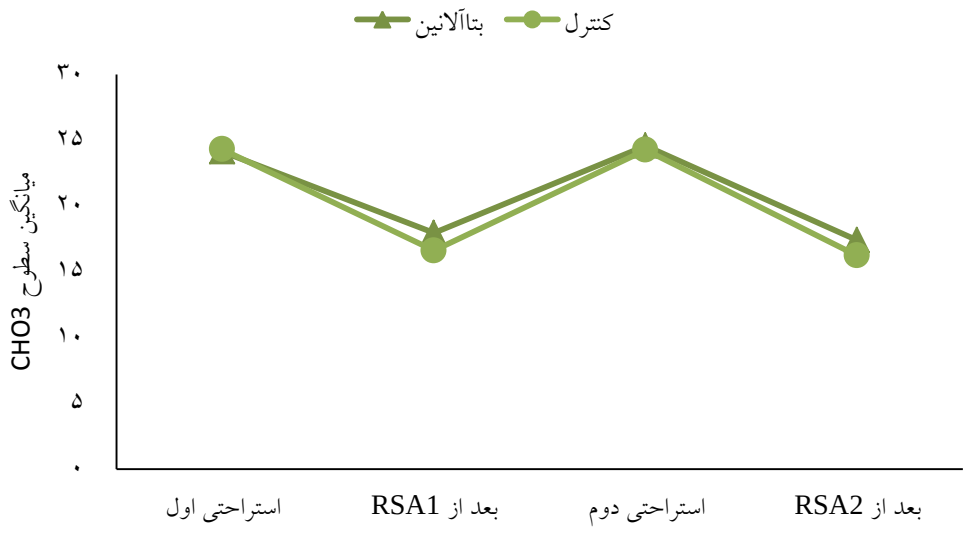
جدول ۷- آزمون تی مستقل برای حداکثر توان خروجی و متوسط توان خروجی بین گروه‌ها در طول هر یک اسپرینت‌ها

مرحله	متغیر	بتا آلانین	کنترل (دارونما)	آزمون t مستقل
اسپرینت ۱	الف) حداکثر توان خروجی (w)	۶۸۷ ± ۶۲/۴	۶۸۴ ± ۶۸/۵	t=۰/۱۰ و p =۰/۹۱
	ب) متوسط توان خروجی (w)	۶۰۲ ± ۵۹/۷	۶۰۱ ± ۵۸/۳	t=۰/۰۳ و p =۰/۹۷
اسپرینت ۲	الف) حداکثر توان خروجی (w)	۶۷۴ ± ۶۷/۶	۶۷۸ ± ۶۶/۳	t=۰/۱۳ و p =۰/۸۹
	ب) متوسط توان خروجی (w)	۵۶۲ ± ۵۴/۱	۵۶۰ ± ۵۲/۱	t=۰/۰۸ و p =۰/۹۳
اسپرینت ۳	الف) حداکثر توان خروجی (w)	۶۱۹ ± ۷۰/۰	۶۲۱ ± ۶۳/۲	t=۰/۰۶ و p =۰/۹۴
	ب) متوسط توان خروجی (w)	۴۹۷ ± ۵۸/۵	۵۰۱ ± ۵۴/۱	t=۰/۱۵ و p =۰/۸۷
اسپرینت ۴	الف) حداکثر توان خروجی (w)	۶۰۶ ± ۵۵/۲	۵۸۰ ± ۶۱/۸	t=۰/۹۹ و p =۰/۳۳
	ب) متوسط توان خروجی (w)	۴۵۷ ± ۵۶/۰	۴۵۸ ± ۵۳/۷	t=۰/۰۴ و p =۰/۹۶
اسپرینت ۵	الف) حداکثر توان خروجی (w)	۵۸۹ ± ۵۸/۴	۵۸۶ ± ۵۹/۹	t=۰/۱۱ و p =۰/۹۱
	ب) متوسط توان خروجی (w)	۴۴۷ ± ۵۲/۸	۴۴۵ ± ۵۳/۲	t=۰/۰۸ و p =۰/۹۳
اسپرینت ۶	الف) حداکثر توان خروجی (w)	۵۷۲ ± ۶۰/۲	۵۷۰ ± ۶۰/۴	t=۰/۰۷ و p =۰/۹۴
	ب) متوسط توان خروجی (w)	۴۳۵ ± ۴۹/۴	۴۳۹ ± ۵۰/۸	t=۰/۱۷ و p =۰/۸۶
اسپرینت ۷	الف) حداکثر توان خروجی (w)	۵۶۱ ± ۶۱/۸	۵۶۰ ± ۶۱/۲	t=۰/۰۳ و p =۰/۹۷

	ب) متوسط توان خروجی (w)	۴۳۳ ± ۵۲/۲	۴۳۲ ± ۵۴/۴	p =۰/۹۶ و t=۰/۰۴
اسپرینت ۸	الف) حداکثر توان خروجی (w)	۵۵۴ ± ۶۲/۳	۵۵۵ ± ۶۰/۴	p =۰/۹۷ و t=۰/۰۳
	ب) متوسط توان خروجی (w)	۴۲۲ ± ۵۴/۱	۴۲۴ ± ۵۵/۳	p =۰/۹۳ و t=۰/۰۸
اسپرینت ۹	الف) حداکثر توان خروجی (w)	۵۵۳ ± ۵۸/۲	۵۵۵ ± ۵۸/۳	p =۰/۹۳ و t=۰/۰۷
	ب) متوسط توان خروجی (w)	۴۱۷ ± ۵۰/۱	۴۱۴ ± ۵۳/۴	p =۰/۸۹ و t=۰/۱۲
اسپرینت ۱۰	الف) حداکثر توان خروجی (w)	۵۴۹ ± ۵۱/۶	۵۴۳ ± ۵۲/۳	p =۰/۷۹ و t=۰/۲۵
	ب) متوسط توان خروجی (w)	۴۱۵ ± ۴۸/۳	۴۱۰ ± ۴۹/۴	p =۰/۸۲ و t=۰/۲۲
اسپرینت ۱۱	الف) حداکثر توان خروجی (w)	۵۴۶ ± ۵۳/۲	۵۳۷ ± ۴۶/۶	p =۰/۶۹ و t=۰/۴۰
	ب) متوسط توان خروجی (w)	۴۱۱ ± ۴۶/۹	۴۰۶ ± ۴۷/۹	p =۰/۸۱ و t=۰/۲۳
اسپرینت ۱۲	الف) حداکثر توان خروجی (w)	۵۴۰ ± ۵۰/۲	۵۳۲ ± ۴۷/۸	p =۰/۷۱ و t=۰/۳۶
	ب) متوسط توان خروجی (w)	۳۹۵ ± ۴۸/۷	۳۸۹ ± ۵۰/۱	p =۰/۷۸ و t=۰/۲۷



شکل ۱- تغییرات سطوح لاکتات (میلی‌مول در لیتر) گروه‌های مورد مطالعه طی مراحل مختلف اندازه‌گیری



شکل ۲- تغییرات سطوح HCO3 گروه‌های مورد مطالعه طی مراحل مختلف اندازه‌گیری

بحث

یافته اصلی ما این است که زمان‌های سرعت در تکرارهای ششم و هفتم در طول آزمون RSA پس از مکمل‌دهی BA سریع‌تر از گروه Pla انجام شد. این نتیجه را می‌توان با اثرات مفید BA برای بهبود عملکرد با برانگیختن آزادسازی کلسیم از شبکه سارکوپلاسمی، با افزایش حساسیت کلسیم دستگاه انقباضی از طریق اتساع عروق توضیح داد (۱۱). این مکانیسم‌ها می‌توانند در نتیجه افزایش سطح کارنوزین عضلانی رخ دهند که باعث می‌شود نیروی انقباضی عضلانی به طور مؤثر عمل کند و متعاقباً شروع خستگی را به تأخیر اندازد (۳). اگرچه ما قادر به اندازه‌گیری محتوای کارنوزین عضلانی نبودیم، دوره مصرف مکمل و دوز مورد استفاده در مطالعه ما (٦/٤ گرم در روز به مدت ٤ هفته) تقریباً در مطالعات قبلی که افزایش سطح کارنوزین عضلانی را نشان داده‌اند، برابر است. در همین راستا، باگت و همکاران (۳) دریافتند، با استفاده از طیف‌سنجی تشدید مغناطیسی پروتون (H-MRS1)، محتوای کارنوزین عضلانی را ٤٥/۳ درصد در عضلات کف پا و ۲۸/۲ درصد در گاستروکنمیوس پس از مصرف مکمل BA (۵ گرم در روز به مدت ۷ هفته) افزایش داد و همبستگی بالایی را بین سرعت و محتوای کارنوزین ٤/۳ ثانیه سریع‌تر از دارونما پس از اتمام آزمایش ۲۰۰۰ متری ارگومتر در پاروزنان نشان داد. Derave و همکاران (۱۰) همچنین افزایش قابل توجهی محتوای کارنوزین را در کف پا (٤۷ درصد) و گاستروکنمیوس (۳۷ درصد) به دنبال مصرف مکمل BA (٤/۸ گرم در روز به مدت ٤ هفته) و کاهش خستگی در طول پنج دوره ۳۰ حداکثر کشش داوطلبانه پا در دوندگان سرعت مشاهده کردند. داناهر و همکاران (۲۲) غلظت کارنوزین بالا را در گاستروکنمیوس (٦۲ درصد) و سولئو (۸۸ درصد) پس از دوره مکمل (٤/۸-٦/٤ گرم در روز به مدت ٦ هفته) در مقایسه با دارونما (۷/٤۲ میلی مولار، ٦/۳۳ میلی‌مولار)، به ترتیب یافتند. با توجه به عملکرد سرعتی تکراری، بریسولا و همکاران (۵) هیچ اثر متقابل معنی‌داری برای تست RSA نشان نداد که با تست شنا ۳۰ دقیقه‌ای پس از ۲۸ روز مکمل BA (٤.۸-٦.٤ گرم در روز) در بازیکنان واترپلو اجرا شد. داناهر و همکاران (۷) نشان دادند که عملکرد در طول آزمایش RSA (۵ × ٦ ثانیه) با فاصله ٢٤ ثانیه بین گروه بتا آلانین و دارونما تفاوتی نداشت، اگرچه سطوح کارنوزین عضلانی پس از مصرف مکمل افزایش یافت. در مطالعه‌ای که بر روی مردان فعال انجام شد، مکمل BA (٤ تا ٦ گرم در روز به مدت ٤ هفته) تأثیر مفیدی بر پروتکل RSA که شامل ۲ ست × ۵ سرعت پنج ثانیه‌ای بود که با استراحت ٤۵ ثانیه بین دو سرعت و ۲ دقیقه بین ست‌ها داشت (۲۵). در همان مطالعه، آن‌ها پیشنهاد کردند که دوره بهبودی برای سنتز مجدد PCr ناکافی است. در مقابل، کلاوس و همکاران (٦) نشان داد که مکمل BA (٦.٤ گرم در روز به مدت ٦ هفته) سرعت توپ را در طول آزمایش RSA در بازیکنان واترپلو بهبود بخشید. از نقطه نظر ظرفیت استقامتی، گلن و همکاران (١٦) نشان داد که مکمل BA (۳/۲ گرم در روز به مدت ۲۸ روز) زمان خستگی را در مقایسه با دارونما در دوچرخه سواران زن بهبود می‌بخشد. با کمال تعجب، یک مطالعه نشان داد که هیچ تفاوتی در رتبه‌بندی تلاش درک شده بین یک BA و دارونما وجود ندارد، اگرچه زمان خستگی در طول تست دوچرخه‌سواری فوق بیشینه (۱۲۰٪ VO2 اوج) پس از مصرف مکمل BA (٦/٤ گرم در روز به مدت ٤ هفته) به طور معنی-داری در دوچرخه سواران افزایش یافت (٤). در مطالعه حاضر، غلظت لاکتات در پایان آزمایش RSA قبل و بعد از مصرف مکمل در BA به طور معنی‌داری

بیشتر از گروه Pla بود. این را می‌توان با سریع‌ترین زمان دوی سرعتی که توسط ورزشکاران گروه BA به‌ویژه در دو تکرار آخر به دست آمد، توضیح داد. نکته مهم این است که در طول مسابقات سرعتی پرتکرار، الیاف تند انقباض به PCr و گلیکولیز وابسته هستند که منجر به افزایش غلظت لاکتات می‌شود (۲۵). در مطالعه Derave و همکاران (۱۰)، غلظت لاکتات بین ۰/۸ ± ۱۶/۳ میلی‌مول/لیتر BA و دارونما ۰/۷ ± ۱۵/۹ میلی‌مول/لیتر که پس از ۱۸۰ ثانیه از اتمام یک دویدن ۴۰۰ متری اندازه‌گیری شد، تفاوتی نداشت. سوینی و همکاران (۲۵) هیچ تفاوتی در پاسخ لاکتات به پروتکل اسپرینت تکراری قبل و بعد از مکمل بین BA و دارونما (به ترتیب ۱۲ میلی مول در لیتر، ۱۳ میلی مول در لیتر) مشاهده نکردند. مکمل بتا آلانین یک مکمل ارگوژنیک است، لذا با توجه به تأثیرات مثبت در کنترل pH و حمایت از سیستم گلیکولیز بی‌هوازی انتظار می‌رود که در اغلب پژوهش‌ها هم‌زمان با کنترل pH، غلظت لاکتات در گروه‌های مصرف کننده‌ی بتاآلانین افزایش یابد. در مطالعه حاضر، پس از مصرف مکمل، غلظت لاکتات در گروه BA در مقایسه با گروه Pla پس از اتمام آزمایش RSA افزایش یافت. توبیاس و همکاران (۲۶) افزایش سطح لاکتات (~ ۱۳ میلی‌مول/لیتر) را پس از مصرف مکمل BA در مقایسه با دارونما (~ ۱۲ میلی مول/لیتر) پس از ریکاوری ۵ دقیقه‌ای از ٤ تست ۳۰ ثانیه وینگیت بالای بدن، با فاصله ۳ دقیقه گزارش کردند. دوره مصرف مکمل در آن مطالعه ٦/٤ گرم در روز به مدت چهار هفته بود. گلن و همکاران (۱٦) به این نتیجه رسیدند که ریکاوری کافی برای تعیین غلظت لاکتات معمولی بیش از پنج دقیقه پس از اتمام تمرین خواهد بود. سیل و همکاران (۲۳) نشان داد که غلظت لاکتات پس از ۵ دقیقه ورزش در BA در مقایسه با دارونما افزایش می‌یابد. با توجه به مقادیر لاکتات در مطالعات قبلی، ورزشکاران به نقطه خستگی ناشی از لاکتات نرسیدند و مکمل BA احتمالاً پس از اتمام آزمون RSA در مقایسه با Pla، بی‌کربنات را کاهش می‌دهد، اگرچه در مطالعه حاضر از نظر آماری معنی‌دار نیست. توضیح این نتیجه را می‌توان به سیستم بافر مؤثری نسبت داد که در آن اسید کربنیک بی‌کربنات را به H^+ کاتالیز می‌کند. اساساً، وقتی اسید لاکتیک در داخل فیبرهای عضلانی به دلیل گلیکولیز انباشته می‌شود و برای غلبه بر ظرفیت بافری لاکتات جدا می‌شود، تولید بیش از حد H^+ رخ می‌دهد، pH عضله کاهش می‌یابد و متعاقباً بی‌کربنات کاهش می‌یابد (۱۱). H^+ داخل عضلانی می‌تواند در طول تمرینات فشرده تا ۱۰ برابر افزایش یابد که در آن pH عضله از ۷/۱ به ٦/۳ کاهش می‌یابد (۲٦). علاوه بر این، اسیدوز عضلانی در طول فعال شدن فیبرهای تند انقباض به جای فیبرهای کند انقباض افزایش می‌یابد؛ بنابراین، در طراحی ما، انجام RSA به‌صورت رکاب‌زنی ممکن است بسته به الیاف تند انقباض باشد که ممکن است منجر به کاهش بی‌کربنات شود (۱۰).

نتیجه‌گیری

این‌ها اولین داده‌هایی هستند که اثرات مفید β-آلانین را بر عملکرد RSA در بازیکنان فوتبال بررسی می‌کنند. داده‌های اصلی ما نشان می‌دهد که مکمل β-آلانین (٦/٤ گرم در روز، به مدت ۲۸ روز)، احتمالاً به دلیل تأثیر بر غلظت لاکتات، می‌تواند عملکرد RSA رکاب زدن را طی تست RSA در بازیکنان فوتبال بهبود بخشد. با این حال، پس از دوره مکمل، پاسخ لاکتات به آزمون در BA بیشتر از گروه دارونما بود، اگرچه غلظت بی‌کربنات تفاوتی نداشت.

منابع

1. AbuMoh'd M.F., Abubaker M. 2020.. Effect of β-alanine supplementation on

during high-intensity intermittent exercise. *Amino Acid*s, 51:83-96.

9. Décombaz J. Beaumont M., Vuichoud J., Bouisset F., Stellingwerff T. 2012. Effect of slow-release β-alanine tablets on absorption kinetics and paresthesia. *Amino acids*, 43:67-76.

10. Derave W., Ozdemir M.S., Harris R.C., Pottier A., Reyngoudt H., Koppo K., Wise J.A., Achten E. 2007. β-Alanine supplementation augments muscle carnosine content and attenuates fatigue during repeated isokinetic contraction bouts in trained sprinters. *Journal of Applied Physiology*, 103(5):1736-1743.

11. de Salles Painelli V., Roschel H, Jesus Fd, Sale C, Harris RC, Solis MY, Benatti FB, Gualano B, Lancha AH Jr, Artioli GG.. 2013. The ergogenic effect of beta-alanine combined with sodium bicarbonate on high-intensity swimming performance. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 38(5):525-532.

12. Devrnja A., Matković B. 2018. The effects of a soccer match on muscle damage indicators. *Kinesiology*, 50(1.):112-123.

13. Di Salvo V., Gregson W, Atkinson G, Tordoff P, Drust B. 2009. Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 205-212.

14. Ducker K.J., Dawson B., Wallman K.E. 2013. Effect of beta alanine and sodium bicarbonate supplementation on repeated-sprint performance. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 27(12):3450-3460.

15. Gilsanz L., López-Seoane J., Jiménez S.L., Pareja-Galeano H. 2023. 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*, 63(21):5080-5093.

repeated sprint ability and responses of blood lactate and bicarbonate in male soccer players. *SportMont*, 18(2):83-88.

2. Al-horani R.A., Alzoubi R. 2017. Effect of seven days of beta-alanine supplementation on cycle ergometer wingate test performance. *International Journal of Coaching Science*, 11(2):45-59.

3. Baguet A., Koppo K., Pottier A., Derave W. 2010. β-Alanine supplementation reduces acidosis but not oxygen uptake response during high-intensity cycling exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 108(3):495-503.

4. Bellinger P.M., Minahan C.L. 2016. The effect of β-alanine supplementation on cycling time trials of different length. *European Journal of Sport Science*, 16(7):829-836.

5. Brisola G.M.P., Artioli G.G., Papoti M., Zagatto A.M. 2016. Effects of four weeks of β-alanine supplementation on repeated sprint ability in water polo players. *PloS One*, 11(12):e0167968.

6. Claus G.M., Redkva P.E., Brisola G.M.P., Malta E.S., de Araujo Bonetti de Poli R., Miyagi W.E., Zagatto A.M. 2017. Beta-alanine supplementation improves throwing velocities in repeated sprint ability and 200-m swimming performance in young water polo players. *Pediatric Exercise Science*, 29(2):203-212.

7. Danaher J., Gerber T., Wellard R.M., Stathis C.G. 2014. The effect of β-alanine and NaHCO 3 co-ingestion on buffering capacity and exercise performance with high-intensity exercise in healthy males. *European Journal of Applied Physiology*, 114:1715-1724.

8. da Silva R.P., de Oliveira L.F., Saunders B., de Andrade Kratz C., de Salles Painelli V., da Eira Silva V., Marins J.C.B., Franchini E, Gualano B, Artioli GG. 2019. Effects of β-alanine and sodium bicarbonate supplementation on the estimated energy system contribution

16. Glenn J.M., Smith K., Moyen N.E., Binns A., Gray M. 2015. Effects of acute beta-alanine supplementation on anaerobic performance in trained female cyclists. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 61(2):161-166.

17. Gurton W.H., Gough LA, Sparks S.A., Faghy M.A., Reed K.E. 2020. Sodium bicarbonate ingestion improves time-to-exhaustion cycling performance and alters estimated energy system contribution: a dose-response investigation. *Frontiers in Nutrition*, 7:154.

18. Hobson R.M., Saunders B., Ball G., Harris R.C., Sale C. 2012. Effects of β-alanine supplementation on exercise performance: a meta-analysis. *Amino Acids*, 43:25-37.

19. Hobson R.M., Harris R.C., Martin D., Smith P., Macklin B., Gualano B., Sale C. 2013. Effect of beta-alanine with and without sodium bicarbonate on 2,000-m rowing performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 23(5):480-487.

20. Kyles A., Oliver J.L., Cahill M.J., Lloyd R.S., Pedley J. 2023. Linear and Change of Direction Repeated Sprint Ability Tests: A Systematic Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20:1703-1717.

21. Lancha Junior A.H., Painelli Vde S., Saunders B., Artioli G.G. 2015. Nutritional strategies to modulate intracellular and extracellular buffering capacity during high-intensity exercise. *Sports Medicine*, 45:71-81.

22. Milioni F., de Poli R.A.B., Saunders B., Gualano B., da Rocha A.L., Sanchez Ramos da Silva A.., Muller P.T.G., Zagatto A.M. 2019. Effect of β-alanine supplementation during high-intensity interval training on repeated sprint ability performance and neuromuscular fatigue. *Journal of Applied Physiology*, 127(6):1599-1610.

23. Sale C., Saunders B., Hudson S., Wise J.A., Harris R.C., Sunderland C.D. 2011. Effect of β-alanine plus sodium bicarbonate on high-intensity cycling capacity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(10):1972-1978.

24. Spencer M., Bishop D., Dawson B., Goodman C. 2005. Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. *Sports Medicine*, 35:1025-1044.

25. Sweeney K.M., Wright G.A., Glenn Brice A., Doberstein S.T. 2010. The effect of β-alanine supplementation on power performance during repeated sprint activity. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1):79-87.

26. Tobias G., Benatti F.B., de Salles Painelli V., Roschel H., Gualano B., Sale C., Harris R.C., Lancha A.H. Jr, Artioli G.G. 2013. Additive effects of beta-alanine and sodium bicarbonate on upper-body intermittent performance. *Amino acids*, 45:309-317.

The Impact of Beta-Alanine Supplementation on the Repeated Sprint Ability Buffering Capacity and Performance in Young Male Soccer Players

Ehsan Yosofalizadeh, Nahid Bijeh *, Mahtab Moazzami

Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Abstract

The main objective of this study was to determine the effect of beta-alanine (BA) supplementation on RSA, buffering capacity, and performance of young male football players. The statistical population of the research consisted of male footballers aged 17 to 19. Among this statistical population, 20 participants were randomly and purposefully selected as the sample. The participants were divided into two groups: control (10 n) and BA (10n). Blood lactate and HCO3 levels were measured at rest and immediately after the pre-test RSA (7 Se of maximal effort cycling and 23 Se of passive rest without cycling, repeated 12 times). Additionally, the mean peak power output (PPO) and average power output (APO) for each sprint in 12 repetitions were extracted using an ergometer. After the RSA post-test, BA group participants consumed 4.6 grams of BA, while control group participants consumed an equivalent amount of maltodextrin, four times a day for 28 days. All measurement steps were repeated for the RSA post-test. The diet of the participants was controlled and repeated two days before each test and again in the RSA post-test. The results were expressed as mean ± standard error of the mean. Descriptive statistics, Shapiro-Wilk test, repeated measures analysis of variance, Bonferroni post-hoc test, and independent t-test using SPSS/22 were used for statistical analysis of the data at a significance level of $P \geq 0.05$. It was shown that BA supplementation had a significant effect on the mean blood lactate levels of the participants but had no significant effect on blood bicarbonate levels, PPO, and APO of the sprints. Apart from lactate levels, BA supplementation had no further beneficial effect on repeated sprint performance in football players. With these findings, coaches and players may consider using BA supplementation to improve performance and reduce the negative effects of lactic acid.

Keywords: Fatigue, β‑alanine, Repeated sprint ability, lactate.