

Original Article

Effect of one-week supplementation of Citrulline-malate, L-arginine and their combination on CK, LDH and CRP levels in male wrestlers following simulated wrestling test

Amir Shakib¹, Ramin Amirsasan^{2*}, Javad Vakili²

¹MSc in Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran

²Department of Sports Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran

*Corresponding author; E-mail: amirsasan@tabrizu.ac.ir

Received: 22 Jul 2018 Accepted: 29 Aug 2018 First Published online: 23 May 2021

Med J Tabriz Uni Med Sciences. 2021;43(2):201-208

Abstract

Background: The aim of this research was to evaluate the effect of one-week supplementation of citrulline-malate, L-arginine and their combination on aerobic and anaerobic powers, CK, LDH and CRP levels in male wrestlers.

Methods: In this experimental study, 40 male wrestlers (aged 19-25 years; weight 60-90 kg; body fat percent 12-20%) in a randomized and double-blind design were divided in four equal citrulline-malate (Cit; 4g/days), L-arginine (Arg; 4g/days), their combination (2g/days Arg + 2g/days Cit) and placebo (dextrose; P) group. Before and after supplementation one week period, all subjects were participated in a competition like wrestling. Each test consisted of two 3 min periods of arm-cranking at maximal executable cadence against resistance of $0.1 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ body mass interspersed with 30-s recovery periods between consecutive tests. Blood samples were obtained in the 4 phases: one hour before and 5 min after two competitions like wrestling protocols. Creatine kinase (CK), C-reactive protein (CRP) and lactate dehydrogenase (LDH) were analyzed. Change any of the parameters (mean and standard deviation) of four stages repeated ANOVA and post hoc tests. The significance level was set at $p < 0.05$.

Results: Based on the present results, the Cit and Arg + Cit supplementation attenuated the exercise-induced increase in response of CK ($p < 0.05$). However, the Arg supplementation had not any significant effect on the exercise-induced increase response of serum CK. Also, the Arg, Cit and Arg + Cit supplementation had not any significant effect on the exercise-induced increase response of total serum LDH and CRP.

Conclusion: Based on the present results, it can be concluded that the one week citrulline-malate with L-arginine supplementation is more effective than the citrulline-malate or L-arginine supplementation to overcome the exercise-induced adverse responses in some muscle injury parameters. Therefore, combination of citrulline-malate and L-arginine supplementation is recommended to reduce exercise-induced adverse consequences.

Keywords: Citrulline-Malate, L-Arginine, Muscle Injury, Inflammation, Male Wrestlers

How to cite this article: Shakib A, Amirsasan R, Vakili J. [Effect of one-week supplementation of Citrulline-malate, L-arginine and their combination on CK, LDH and CRP levels in male wrestlers following simulated wrestling test]. Med J Tabriz Uni Med Sciences. 2021;43(2):201-208. Persian.

مقاله پژوهشی

تأثیر یک هفته مکمل‌سازی سیترولین-مالات، ال-آرژنین و ترکیب آن‌ها بر مقادیر CK، LDH و CRP مردان کشتی‌گیر متعاقب آزمون شبیه‌ساز کشتی

امیر شکیب^۱، رامین امیرساسان^{۲*}، جواد وکیلی^۲

^۱ کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
^۲ گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
* نویسنده مسئول: ایمیل: amirsasan@tabrizu.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۷/۴/۳۱ پذیرش: ۱۳۹۷/۶/۷ انتشار برخط: ۱۴۰۰/۳/۲
مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تبریز. ۱۴۰۰؛ ۴۳(۲): ۲۰۸-۲۰۱

چکیده

زمینه: هدف از تحقیق حاضر تعیین تأثیر یک هفته مکمل‌سازی سیترولین مالات (Cit)، ال-آرژنین (Arg) و ترکیب آنها (Arg+Cit) بر مقادیر کراتینین (CK)، لاکتات دهیدروژناز (LDH) و پروتئین واکنش گر-C (CRP) مردان کشتی‌گیر بود.
روش کار: در یک مطالعه نیمه‌تجربی، ۴۰ کشتی‌گیر باشگاهی (سن، ۱۹-۲۵ سال؛ وزن، ۶۰-۹۰ کیلوگرم و درصد چربی ۱۲-۲۰ درصد) انتخاب و براساس دو شاخص هوازی (شاتل ران) و بی‌هوازی (تست رست) در چهار گروه مکمل‌سازی یک هفته‌ای Cit، Arg (چهارگرم از هر کدام در روز)، ترکیب Arg و Cit (دوگرم از هر کدام در روز) و دارونما (دکستروز) قرار گرفتند. در ابتدا، پس از نمونه‌گیری اولیه خونی (یک ساعت قبل از آزمون) همه کشتی‌گیران آزمون شبیه‌ساز کشتی (شامل دو مرحله سه دقیقه‌ای پدال‌زنی با چرخ کارسنج دستی با بار ۱۰ گرم/کیلوگرم/وزن بدن با استراحت ۳۰ ثانیه‌ای بین دو آزمون متوالی) را اجرا کردند و سپس نمونه خونی ثانویه پنج دقیقه بعد از آزمون از آنها اخذ شد. بعد از یک هفته مکمل‌سازی مجدداً پروتکل تمرینی و اخذ نمونه‌های خونی تکرار شد تا میزان CK، LDH، CRP آنها مشخص شود. داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری تکراری و آزمون تعقیبی بونفرونی در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.
یافته‌ها: نتایج تحقیق نشان داد که پاسخ ورزشی CK در گروه‌های سیترولین مالات و ترکیبی به طور معنی‌داری کاهش یافته بود ($P < 0/05$) اما تغییر آن در گروه ال-آرژنین معنی‌دار نبود ($P > 0/05$). با این حال، هیچ‌کدام از مداخلات مکمل‌سازی باعث تغییر معنی‌داری در پاسخ ورزشی LDH و CRP به آزمون رقابت شبیه‌سازی کشتی نشد.
نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج مطالعه حاضر به نظر می‌رسد مکمل‌سازی سیترولین مالات به تنهایی یا ترکیب آن با ال-آرژنین ممکن است باعث کاهش برخی شاخص‌های آسیب عضلانی ناشی از رقابت کشتی شود.

کلید واژه‌ها: سیترولین مالات، ال-آرژنین، آسیب عضلانی، التهاب، کشتی‌گیر مرد.

نحوه استناد به این مقاله: شکیب ا، امیرساسان ا، جواد وکیلی ج. تأثیر یک هفته مکمل‌سازی سیترولین-مالات، ال-آرژنین و ترکیب آن‌ها بر مقادیر CK، LDH و CRP مردان کشتی‌گیر متعاقب آزمون شبیه‌ساز کشتی. مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تبریز. ۱۴۰۰؛ ۴۳(۲): ۲۰۸-۲۰۱

حق تالیف برای مولف محفوظ است.

این مقاله با دسترسی آزاد توسط دانشگاه علوم پزشکی تبریز تحت مجوز کپی‌رایت کامنز (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>) منتشر گردیده که طبق مفاد آن هرگونه استفاده تنها در صورتی مجاز است که به اثر اصلی به نحو مقتضی استناد و ارجاع داده شده باشد.

مقدمه

کشتی یکی از ورزش‌های مدال‌آور و المپیکی و دارای محبوبیت بالا در ایران می‌باشد. دستگاه انرژی اصلی تامین هزینه انرژی مورد نیاز ورزشی کشتی، دستگاه انرژی بی‌هوازی است، همچنین نکته قابل ذکر این است که مدت زمان اجرای یک مسابقه کشتی ممکن است از ۱۰ ثانیه تا شش دقیقه به طول بینجامد و در نتیجه، تقویت هر سه سیستم انرژی باید در دستور کار مربیان قرار بگیرد (۱، ۲). همچنین، فشارهای متابولیک- مکانیکی ناشی از انجام برخی از تمرینات حرفه‌ای سنگین و نسبتاً شدید مانند کشتی رقابتی ممکن است باعث ایجاد پاسخ‌های التهابی و در نتیجه افت ظرفیت‌های فیزیولوژیک (خستگی و واماندگی) و افزایش شاخص‌های آسیب عضلانی شود (۳، ۴). به علاوه، در نتیجه‌ی آسیب‌های وارده، برخی از پروتئین‌ها و آنزیم‌های درون سلولی مانند کراتین‌کیناز (Creatine kinase, CK) و لاکتات‌دهیدروژناز (Lactate dehydrogenase, LDH) به درون مایعات خارج سلولی نشت پیدا می‌کنند. همچنین، پاسخ‌های التهابی ناشی از ورزش نیز ممکن است در نتیجه‌ی فشارهای متابولیک- مکانیکی به شکل لکوسیتوز و افزایش شاخص‌ها یا میانجی‌های التهابی مانند پروتئین واکنش‌گر C- (High sensitivity c-reactive protein, Hs-CRP) بروز کند (۵، ۶، ۷، ۸).

در تلاش برای کاهش این اثرات راهکارهای زیادی توسط محققان و دانشمندان ورزشی مورد بررسی قرار گرفته است که استفاده از مکمل‌های ورزشی برای جلوگیری از کاهش التهاب و آسیب عضلانی یکی از راه‌های پیشنهادی است (۵). یکی از این مکمل‌ها سیتروالین مالات است که اخیراً توجه زیادی را به خود جلب کرده است. ال-سیتروالین پیش‌ساز اسید آمینه غیر ضروری ال-آرژنین است و به طور عمده در هندوانه وجود دارد. سیتروالین مالات تولید انرژی از مسیر هوازی و پاکسازی آمونیم را هنگام ریکاوری پس از فعالیت ورزشی افزایش می‌دهد و کوفتگی عضلانی ناشی از فعالیت ورزشی مقاومتی شدید را کاهش می‌دهد (۶). مطالعات متعددی به بررسی اثر مکمل‌سازی سیتروالین - مالات پرداخته‌اند. برای مثال Suzuki و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که هفت روز مکمل‌سازی سیتروالین - مالات منجر به بهبود عملکرد تایم تریل (کاهش زمان رسیدن به خط پایان) در دوچرخه‌سواران می‌شود (۸).

همچنین، ال-آرژنین یکی دیگر از مداخلات تغذیه‌ای است که دارای اثرات مشابهی با سیتروالین - مالات و به صورت گسترده توسط ورزشکاران با اهداف مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگرچه ال-آرژنین به عنوان یک اسید آمینه غیر ضروری طبقه‌بندی شده است، اما در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک مهم از جمله سنتز پروتئین‌ها، اوره و پلی‌آمین‌ها نقش دارد (۹). علاوه بر آن، به عنوان یک اسید آمینه آنتی‌کاتابولیک شناخته می‌شود و در برخی

مطالعات برای مقابله با بروز آسیب عضلانی استفاده شده است. همچنین، ال-آرژنین نیز توسط آرژیناز تجزیه می‌شود و سوسترای کافی برای فعالیت آنزیم نیتریک اکسید سنتاز را فراهم نمی‌آورد. با این حال، این آنزیم تأثیر بر سیتروالین - مالات ندارد و به این دلیل، افزایش آرژنین و سیتروالین سرمی در هنگام مصرف آن بیشتر از دریافت آرژنین است. این نکته باید خاطر نشان شود که آرژنین سوسترای منحصربفرد و تکی آنزیم نیتریک اکسید سنتاز (NOS) و پیش ساز سنتز نیتریک اکساید (NO) است. با توجه به آثار مشابه این دو اسید آمینه، برخی مطالعات به مقایسه آثار و میزان اثربخشی آنها پرداخته‌اند؛ به عنوان مثال، Bailey و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کرده‌اند که شش روز مکمل‌سازی سیتروالین - مالات موجب بهبود عملکرد ورزشی می‌شود در حالی که ال-آرژنین تأثیری روی عملکرد نداشت (۱۰). با این حال، هنوز میزان اثربخشی هر یک از آنها و اثر هم‌افزایی ترکیب و دریافت هم‌زمان این دو اسید آمینه به طور دقیق مشخص نشده است. همچنین، تا به امروز فقط یک مقاله اثر ترکیبی ال-آرژنین و سیتروالین - مالات در انسان را بررسی کرده است که آن هم بدون اندازه‌گیری عملکرد ورزشی بوده است به طوری که سوزوکی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که مصرف ترکیبی ال-آرژنین و سیتروالین - مالات سطوح آرژنین پلاسما را به طور مؤثرتر و سریع‌تری افزایش می‌دهد (۸).

از اینرو، با توجه به محدود بودن مطالعات انجام شده در این زمینه و با توجه به جستجویی که در این زمینه انجام شده، ما موردی از این مطالعه یافت نکردیم، لذا مطالعه حاضر با هدف تعیین تأثیر یک هفته مکمل‌سازی سیتروالین مالات، ال-آرژنین و ترکیب آن‌ها بر مقادیر CK، LDH و CRP سرمی مردان کشتی‌گیر انجام شد.

روش کار

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی بوده و روی کشتی‌گیران شهر تبریز در محدوده سنی ۲۵-۱۹ سال و وزن ۹۰-۶۰ کیلوگرم انجام شد (جدول ۱). برای این منظور کشتی‌گیران باشگاه‌های شهر تبریز که سابقه حداقل دو سال کشتی را داشتند جامعه آماری این تحقیق را تشکیل داده و ۴۰ نفر از آنها بر اساس معیارهای سن، وزن و درصد چربی انتخاب شد (جدول ۱). آزمودنی‌ها باید سیگاری نبوده و سابقه ابتلا به بیماری و مصرف دارو را نداشته باشند. بعد از انتخاب نمونه آماری آزمودنی‌ها توسط توان‌هوازی و بی‌هوازی همگن سازی شده و به صورت تصادفی به چهار گروه ۱۰ نفری مکمل آرژنین، سیتروالین - مالات، مکمل ترکیبی و دارونما تقسیم شدند. ضمن اینکه مجوز اخلاق از دانشگاه علوم پزشکی با شناسه IR.TBZMED.REC.1397.231 دریافت شد.

بین‌المللی در میلی لیتر و ۱۰ نانوگرم بر میلی لیتر اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌های گردآوری شده با استفاده از روش‌های آمار توصیفی انجام شد. ابتدا برای تعیین توزیع طبیعی داده‌ها از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف و از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری تکراری برای ارزیابی تغییرات بین مراحل، از آزمون ANOVA برای تعیین تفاوت بین گروهی و آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقایسه دو به دو استفاده شد. داده‌ها در سطح معنی داری ۰/۰۵ و با استفاده از نرم افزار SPSS22 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. همچنین، حجم نمونه با استفاده از نرم افزارهای MedCal نسخه ۱۰,۰,۲,۰ و بر اساس مطالعات قبلی با احتساب سهم اثر ۰/۵ و در نظر گرفتن خطای نوع اول ۰/۰۵ تعیین شد.

یافته‌ها

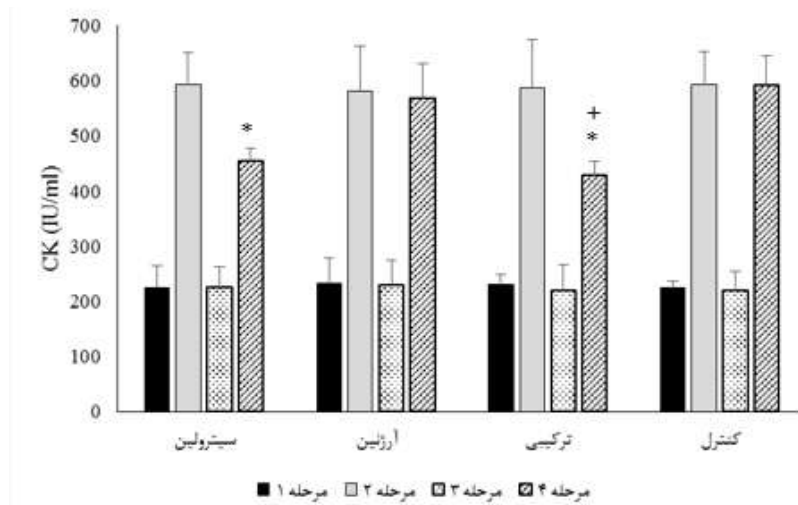
در جدول ۱ مشخصات پیکرشناختی آزمودنی‌ها ارائه شده است. همچنین، در جدول ۲ مقادیر متغیر وابسته در هر دو گروه ذکر شده است. نتایج مربوط به میزان تغییرات کراتین کیناز، لاکتات دهیدروژناز و پروتئین واکنش گر-C قبل و بعد از مکمل‌سازی با سیترولین، آرژنین و ترکیبی با استفاده از آزمون تحلیل واریانس مکرر (۴×۴) نشان می‌دهد که پیش از شروع طرح تحقیق تفاوت معنی‌داری بین متغیرهای مورد مطالعه وجود نداشته است ($P > 0/05$).

نتایج بدست آمده حاکی از آن است که پاسخ ورزشی CK در گروه‌های سیترولین، آرژنین و ترکیبی پس از یک هفته مکمل‌سازی به طور معنی‌داری کاهش یافته بود ($P < 0/05$) اما تغییر آن در گروه ال-آرژنین معنی‌دار نبود ($P > 0/05$) (نمودار ۱). همچنین، هیچکدام از مداخلات مکمل‌سازی نتوانست از افزایش معنی‌دار LDH جلوگیری کند ($P > 0/05$) (نمودار ۲). علاوه بر این، غلظت پروتئین واکنش گر-C پلاسمايي در هیچکدام از گروه‌ها قبل و بعد از مکمل‌سازی بعد از رقابت شبیه سازی کشتی تغییر معنی‌داری نداشته است ($P > 0/05$).

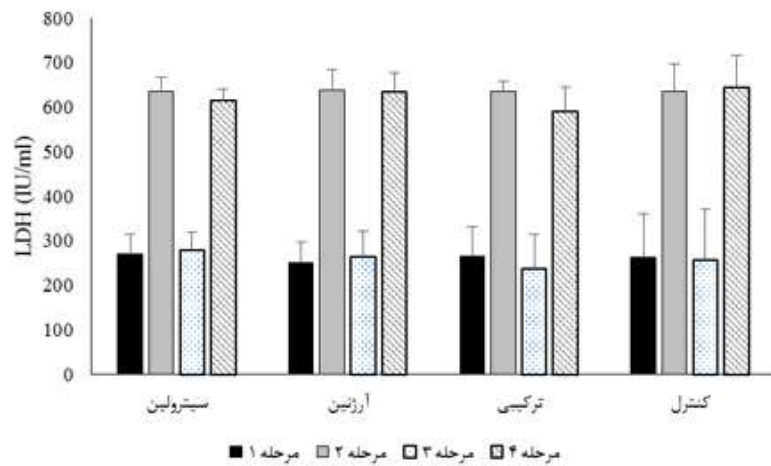
پس از انتخاب آزمودنی‌ها، کلیه مراحل تحقیق به آن‌ها شرح داده شد و تمام مراحل آن در آزمایشگاه فیزیولوژی ورزشی دانشگاه تبریز انجام شد. آزمودنی‌ها فرم رضایت نامه کتبی را پر کردند و همچنین، ثبت رژیم غذایی سه روزه از آزمودنی‌ها انجام شد. سپس از آزمودنی‌ها پیش‌آزمون گرفته شد که شامل یک آزمون شبیه سازی بر اساس زمان مسابقه کشتی که طرح آن دو زمان سه دقیقه‌ای (۱۵ ثانیه فعالیت و ۱۵ ثانیه استراحت) با استراحت ۳۰ ثانیه بین دو مرحله سه دقیقه‌ای بود. ده دقیقه پس از آن، تست بی‌هوای RAST و سپس با فاصله ۱۵ دقیقه تست هوای شاتل‌ران اجرا شد (۱۴). نمونه‌های خونی قبل و بلافاصله پس از پروتکل شبیه سازی از آزمودنی‌ها جمع‌آوری شد. در همه گروه‌ها، آزمودنی‌ها به صورت دوسویه کور به مقدار چهار گرم در روز مکمل‌هایشان را به مدت هفت روز که به صورت محلول در آب (با غلظت چهارگرم در ۲۴۰ میلی لیتر آب) بود و یک ساعت قبل از فعالیت ورزشی مصرف کردند (گروه ترکیبی دو گرم سیترولین، آرژنین و دو گرم آرژنین) و در طول یک هفته به تمرینات عادی خود (هفته‌ای سه جلسه، هر جلسه آن، ۲۰ دقیقه اول آن برای گرم کردن و ۲۰ دقیقه بعد هم برای توضیح نکات و آموزش صحیح فنون و بعد یک ساعت تمرین و مبارزه و ۲۰ دقیقه آخر هم را برای سردکردن) در باشگاه ادامه دادند. لازم به ذکر است که مکمل سیترولین، آرژنین و ترکیبی با نام تجاری استیمول و از شرکت دارویی بهین پاد و ال-آرژنین از داروخانه تهیه شد. همچنین، به آزمودنی‌ها توصیه شد که ۴۸ ساعت قبل از آزمون مقدماتی و آزمون انتهایی فعالیت ورزشی شدید و آسیب‌زا انجام ندهند. ضمن آنکه نمونه‌های خونی قبل و پس از پروتکل تمرینی توسط متخصص خونگیری و با استفاده از سرنگ‌های پنج میلی لیتری گرفته شده و با استفاده از کیت‌های الایزا و آزمایشگاهی شرکت پارس آزمون (ساخت کشور ایران) و پس از سانتریفیوژ و جدا کردن سرم آنالیز شد. کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز سرمی و CRP با استفاده از کیت‌های شرکت پارس آزمون و به ترتیب با حساسیت یک واحد بین‌المللی در میلی لیتر، پنج واحد

جدول ۱: مشخصات آنتروپومتریک و جمعیت شناختی آزمودنی‌ها

شاخص‌ها	میانگین	انحراف استاندارد
سن (سال)	۲۲/۲۵	۲/۱۱
وزن (کیلوگرم)	۷۶/۵۴	۷/۹۱
قد (سانتی‌متر)	۱۷۵/۹۴	۴/۸۲
شاخص توده بدنی	۲۴/۷۲	۲/۳۶
درصد چربی	۱۶/۱۵	۲/۸۲



نمودار ۱: مقایسه تغییرات کراتین کیناز در چهار گروه مورد اندازه گیری پس از رقابت کشتی شبیه‌سازی شده * معنی داری نسبت به گروه کنترل؛ + معنی داری نسبت به گروه آرژنین



نمودار ۲: مقایسه تغییرات لاکتات دهیدروژناز در چهار گروه مورد اندازه گیری پس از رقابت کشتی شبیه‌سازی شده

جدول ۲: تغییرات هر یک شاخص‌های فیزیولوژیک طی مراحل مختلف اندازه‌گیری

متغیر	گروه	مرحله ۱	مرحله ۲	مرحله ۳	مرحله ۴
کراتین کیناز (IU/ml)	آرژنین	۲۳۲/۶۶±۴۶/۳۶	۵۸۱/۸۸±۸۱/۲۴	۲۲۹/۸۸±۴۴/۵۷	۵۶۷/۴۴±۶۳/۱۶
	سیتروئین	۲۲۴/۲۲±۳۹/۴۶	۵۹۲/۶۶±۵۹/۰۶	۲۳۸/۶۶±۴۳/۱۱	۴۵۶/۰۰±۲۵/۱۲*
	ترکیبی	۲۳۰/۴۰±۱۸/۱۱	۵۸۷/۶۰±۸۷/۸۶	۲۲۰/۵۰±۴۵/۰۶	۴۲۸/۱۰±۲۵/۶۷*##
	کنترل	۲۲۳/۷۱±۱۵/۳۲	۵۹۴/۰۰±۵۸/۷۴	۲۲۰/۲۸±۳۹/۶۰	۵۸۷/۱۴±۵۹/۰۳
لاکتات دهیدروژناز (IU/ml)	آرژنین	۲۵۱/۳۳±۳۱/۰۶	۶۳۹/۰۰±۵۶/۸۷	۲۶۴/۷۷±۲۳/۲۲	۶۳۴/۶۶±۶۱/۵۹
	سیتروئین	۲۶۹/۷۷±۴۵/۱۸	۶۳۶/۴۴±۴۶/۸۴	۲۷۹/۸۸±۶۵/۸۸	۶۱۱/۲۲±۹۸/۴۳
	ترکیبی	۲۶۵/۶۰±۳۹/۶۹	۶۲۵/۸۰±۵۷/۰۳	۲۶۳/۵۰±۷۸/۲۴	۵۹۱/۳۰±۱۱۴/۸۱
	کنترل	۲۶۳/۸۵±۲۵/۶۷	۶۳۴/۸۵±۴۳/۳۷	۲۵۷/۰۰±۵۵/۱۵	۶۴۴/۷۱±۷۳/۰۴
پروتئین واکنش‌گر-C (ng/ml)	آرژنین	۰/۳۳±۰/۱۵	۰/۴۲±۰/۳۱	۰/۳۵±۰/۱۴	۰/۳۳±۰/۴۱
	سیتروئین	۰/۳۷±۰/۰۹	۰/۳۶±۰/۲۳	۰/۳۶±۰/۲۳	۰/۲۶±۰/۳۸
	ترکیبی	۰/۳۸±۰/۲۰	۰/۴۳±۰/۱۹	۰/۳۲±۰/۱۵	۰/۲۲±۰/۴۱
	کنترل	۰/۳۶±۰/۱۶	۰/۴۱±۰/۲۷	۰/۳۴±۰/۱۳	۰/۱۷±۰/۴۲

* تفاوت معنی‌دار نسبت به گروه کنترل
تفاوت معنی‌دار نسبت به گروه ال-آرژنین

بحث

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که غلظت CK و LDH سرمی قبل و بعد از مکمل‌سازی، پس از پروتکل شبیه‌سازی رقابت کشتی در تمام گروه‌ها افزایش معنی‌دار داشته است ولی غلظت CRP افزایش معنی‌داری پس از آزمون شبیه‌ساز در هیچکدام از گروه‌ها نداشته است. یک هفته مکمل‌سازی سیتروپین مالیت، ال-آرژنین و ترکیب آن‌ها نتوانست از افزایش معنی‌دار LDH جلوگیری کند ($P > 0/05$). علاوه بر این، پاسخ ورزشی CK پس از یک هفته مکمل‌سازی تنها در گروه‌های سیتروپین مالیت و ترکیب آن با ال-آرژنین، به طور معنی‌داری کمتر از سایر گروه‌ها بود ($P < 0/05$). در راستای نتایج مطالعه حاضر، Martínez-Sánchez و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که یک وهله مکمل‌سازی آب هندوانه به میزان ۵۰۰ میلی لیتر که حاوی ۳/۴۵ گرم سیتروپین - مالیت است (دو ساعت قبل از دوی نیمه ماراتون)، باعث کاهش کوفتگی عضلانی، غلظت لاکتات و گلوکز پلاسمایی و عدم تغییر در غلظت لاکتات دهیدروژناز شده است، اما اثر معنی‌داری روی زمان انجام یک دوی نیمه ماراتن در دوندگان مرد آماتور نداشت (۱۱). همچنین، Kiyici و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی تاثیر مکمل‌سازی سیتروپین - مالیت روی لاکتات خون مردان هندبالیست، گزارش کردند که مصرف سه گرم سیتروپین مالیت در روز (یک گرم در صبحانه، یک گرم در ناهار و یک گرم در شام) و به مدت چهار هفته تاثیر معنی‌داری روی لاکتات خون ورزشکاران داشته و باعث کاهش فشار سوخت و سازی ناشی از فعالیت ورزشی گردیده است (۱۲). چندین سازوکار مهم برای نحوه اثرگذاری سیتروپین مالیت بیان شده است. اولاً، سیتروپین - مالیت با تبدیل شدن به ال-آرژنین و به دنبال آن با افزایش تولید نیتریک اکساید موجب اتساع عروقی و افزایش جریان خون عضلانی و در نهایت افزایش دسترسی سلول‌های بافت عضلانی و سایر بافت‌های فعال به مواد مغذی و افزایش دفع مواد زاید و محصولات فرعی سوخت و سازی می‌شود (۱۳). ثانیاً، سیتروپین - مالیت می‌تواند با افزایش کلیرانس آمونیم از طریق چرخه اوره به کاهش تجمع آمونیم تولید شده در فعالیت‌های ورزشی شدید کمک نماید. این مسئله به نوبه خود به کاهش انتقال سوخت و ساز به مسیرهای بی‌هوازی به ویژه گلیکولیز و در نتیجه کاهش تولید و تجمع لاکتات و کراتین کیناز در خون از طریق کاهش فشار سوخت و سازی و مکانیکی ناشی از فعالیت ورزشی شدید منجر می‌شود (۱۳، ۱۴). ثالثاً، مالیت (یا اسید مالیک) یک میانجی چرخه کربس است که می‌تواند ظرفیت هوازی را بهبود ببخشد و در نتیجه خستگی عضلانی را کاهش داده و عملکرد عضلانی را افزایش دهد. همچنین، افزایش توان دفاع آنتی‌اکسیدانی ناشی از مکمل‌سازی آرژنین ممکن است از طریق افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام (TAC) و کاهش استرس اکسایشی و پراکسیداسیون

لیپیدی ناشی از انجام فعالیت ورزشی شدید در غشای پلاسمایی به کاهش نشت این آنزیم‌های درون سلولی به درون خون از طریق غشای پلاسمایی کمک کند (۱۴، ۱۵). با این حال، برخی مطالعات گزارش کرده‌اند که مکمل‌سازی سیتروپین مالیت ممکن است باعث بهبود آسیب و کوفتگی عضلانی ناشی از فعالیت ورزشی شدید نشود (۱۳). یکی از دلایل ناهمسوئی مطالعه‌ی حاضر با مطالعات قبلی ممکن است ناشی از دوز استفاده شده برای مکمل‌سازی سیتروپین - مالیت و طول مدت مکمل‌سازی باشد. در توضیح این مسئله باید خاطر نشان شود که مقادیر توصیه شده‌ای برای مصرف سیتروپین - مالیت وجود ندارد (۸) ولی در مطالعات مختلف مقادیر متفاوتی از جمله ۲/۴ گرم، ۶ گرم، ۸ گرم و ... مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین، به نظر می‌رسد که حداقل یک هفته مکمل‌سازی سیتروپین - مالیت لازم باشد تا بتوان اثرات ارگونومیک آن را مشاهده کرد (۸، ۱۴). در این راستا، Figueroa و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که حداقل ۷ روز مکمل‌سازی سیتروپین - مالیت لازم است تا بتوان اثرات این مکمل را در بهبود عملکرد ورزشی مشاهده کرد (۱۴). همچنین، بیلی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کرده‌اند که شش روز مکمل‌سازی سیتروپین - مالیت موجب بهبود عملکرد ورزشی می‌شود در حالی که ال-آرژنین تأثیری روی عملکرد نداشت (۱۰). این نکته باید خاطر نشان شود که تحقیق حاضر یکی از اولین پژوهش‌هایی است که اثر ترکیبی سیتروپین مالیت و ال-آرژنین را در زمینه ورزشی بررسی کرده است. همانطوری که قبلاً بیان شد سیتروپین - مالیت پیش‌ساز ال-آرژنین است ولی علاوه بر آن می‌تواند اثر مهارکنندگی بر آنزیم آرژیناز (آنزیمی که باعث تجزیه ال-آرژنین در روده کوچک می‌شود) داشته باشد و بنابراین، می‌تواند جذب ال-آرژنین را نیز افزایش دهد. پس این عامل می‌تواند در تحقیق حاضر یکی از سازوکارهای احتمالی برای اثرگذاری گروه ترکیبی نسبت به گروه‌های کنترل و ال-آرژنین و همچنین عدم تأثیرگذاری ال-آرژنین به دلیل تجزیه آن توسط آنزیم آرژیناز باشد. با این حال، در تحقیق حاضر برخلاف کراتین کیناز، تفاوت معنی‌داری در لاکتات دهیدروژناز در بین هیچکدام از گروه‌ها مشاهده نشد که احتمالاً یکی از دلایل آن می‌تواند بلافاصله بودن زمان اخذ نمونه‌های خونی پس از فعالیت ورزشی باشد، چرا که لاکتات دهیدروژناز پاسخ تأخیری تری نسبت به کراتین کیناز دارد و احتمال آن وجود دارد که LDH در موقع گرفتن نمونه در سطوح پایین‌تری باشد و ممکن است پس از یک دوره زمانی ۲۴ ساعته پاسخ واقعی LDH نسبت به مکمل‌ها آشکار شود (۲۲، ۲۱). علاوه بر این، برخی مطالعات از قبیل Hsieh و همکاران (۲۰۱۸) و روحی و همکاران (۲۰۱۷) نشان داده‌اند که مکمل‌سازی آرژنین می‌تواند باعث کاهش شاخص‌های التهابی، آسیب و کوفتگی عضلانی ناشی از فعالیت ورزشی شدید یا برون‌گرا شود (۱۶، ۱۷).

است با ایجاد یک اثر هم افزایی و تقویت اثرات ارگوزنیک هر یک از این اسیدهای آمینه تاحدی باعث کاهش آسیب عضلانی ناشی از فعالیت ورزشی شدید شود. با این حال، به نظر می‌رسد برای دستیابی به یک پروتکل مکمل‌سازی دقیق و مشخص شدن سازوکارهای دقیق درگیر در بروز این سازگاری به انجام تحقیقات بیشتری نیاز است.

قدردانی

مطالعه حاضر حاصل پایان‌نامه دانشجویی کارشناسی ارشد در دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تبریز می‌باشد. از تمام افرادی که در این تحقیق همکاری کرده‌اند، به خصوص شرکت دارویی بهین پاد که در تهیه مکمل سیتروکلین مالات ما را یاری کردند، تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

ملاحظات اخلاقی

پروتکل این مطالعه در کمیته پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تبریز به شماره مرجع IR.TBZMED.REC.1397.231 به تایید رسیده است.

منابع مالی

منابع مالی این طرح تحقیقاتی توسط نویسندگان تامین شده است.

منافع متقابل

مؤلف اظهار می‌دارد که منافع متقابلی از تالیف یا انتشار این مقاله ندارد.

مشارکت مؤلفان

۱. اش انتخاب موضوع، طراحی پروتکل، اجرا، تحلیل نتایج و تدوین مقاله مطالعه و ۲. اس به عنوان استاد راهنما در انتخاب موضوع، طراحی پروتکل، تحلیل نتایج و تدوین مقاله مطالعه و ۳. ج و در طراحی و اجرای پروتکل تحقیق نقش داشتند، همچنین، اساتید راهنما و مشاور مقاله، نسخه نهایی تهیه شده توسط م آ را خوانده و تایید کرده است.

برای کاهش شاخص‌های آسیب بافت عضلانی و التهابی پس از مکمل‌سازی آرژنین نیز چندین سازوکار بیان شده است. یکی از سازوکارها با افزایش توان دفاع آنتی‌اکسیدانی ناشی از مکمل‌سازی آرژنین مرتبط است؛ به این دلیل که افزایش CK و LDH سرمی ناشی از افزایش نشت این آنزیم‌های درون سلولی به درون خون از طریق غشای پلاسمایی است که این مسئله تا حدودی زیادی ناشی از بروز استرس اکسایشی و پراکسیداسیون لیپیدی ناشی از انجام فعالیت ورزشی شدید در غشای پلاسمایی است. از آنجا که ال-آرژنین دارای ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی بوده و باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام (TAC) می‌گردد، ممکن است از این طریق با افزایش توان ضداکسایشی و کاهش میزان استرس اکسایشی از نشت این آنزیم‌های درون سلولی به درون خون جلوگیری کند (۱۶، ۱۸). دومین سازوکار مرتبط با کاهش شاخص‌های آسیب عضلانی پس از مکمل‌سازی آرژنین با افزایش پرفیوژن و خون‌رسانی به عضلات فعال ارتباط دارد. همانگونه که پیش‌تر بیان شد، افزایش خون‌رسانی به بافت‌های فعال با افزایش دسترسی به سوبستراهای مورد نیاز، با کاهش استرس سوخت و سازی و مکانیکی ناشی از انجام فعالیت ورزشی شدید و در نتیجه کاهش آسیب و التهاب بافتی همراه است (۱۹). با این حال، نتایج تحقیق ما در مورد CRP با تحقیقات ذکر شده ناهمسو بود چرا که پروتکل شبیه‌ساز کشتی باعث افزایش معنی‌دار CRP نشد. یکی از دلایل احتمالی این نتیجه، همانطوری که در مورد LDH ذکر شد، می‌تواند ناشی از زمان اخذ نمونه خونی باشد باشد چرا که CRP نیز پاسخ تأخیری داشته و ممکن است شروع پاسخ آن بلافاصله بعد از فعالیت ورزشی رخ ندهد (۲۴، ۲۳). در نهایت این نکته باید خاطر نشان شود که محدود بودن مطالعات انجام شده در این زمینه (بویژه در میان رشته‌های ورزشی با ماهیت متفاوت) و حتی در برخی موارد متناقض بودن نتایج به دست آمده در این زمینه نتیجه‌گیری قطعی در این مورد را دشوار ساخته است.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از مکمل‌سازی به صورت سیتروکلین-مالات مجزا یا در ترکیب با ال-آرژنین ممکن

References

- Goudarzi M, Honari H. Designing and Developing the Strategic System of Wrestling in IR Iran Improving Wrestling in Islamic Republic of Iran. *World Journal of Sport Sciences*. 2009;2(1):65-74.
- Mirzaei B, Ghahremani Moghaddam M, Alizae Yousef Abadi H. Analysis of Energy Systems in Greco-Roman and Freestyle Wrestlers Who Participated in the 2015 and 2016 World Championships. *International Journal of Wrestling Science*. 2017 Jul 3;7(1-2):35-40. doi: 10.1080/21615667.2017.1394402
- Peake JM, Neubauer O, Della Gatta PA, Nosaka K. Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. *Journal of applied physiology*. 2017 Mar 1;122(3):559-70. doi: 10.1152/jappphysiol.00971.2016
- Chazaud B. Inflammation during skeletal muscle regeneration and tissue remodeling: application to exercise-

- induced muscle damage management. *Immunology and cell biology*. 2016 Feb;94(2):140-5. doi: 10.1038/icb.2015.97
5. Bessa AL, Oliveira VN, Agostini GG, Oliveira RJ, Oliveira AC, White GE, Wells GD, Teixeira DN, Espindola FS. Exercise intensity and recovery: biomarkers of injury, inflammation, and oxidative stress. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2016 Feb 1;30(2):311-9. doi: 10.1519/jsc.0b013e31828f1ee9
 6. Barbas I, Fatouros IG, Douroudos II, Chatzinikolaou A, Michailidis Y, Draganidis D, et al. Physiological and performance adaptations of elite Greco-Roman wrestlers during a one-day tournament. *European journal of applied physiology*. 2011 Jul;111(7):1421-36. doi: 10.1007/s00421-010-1761-7
 7. Barbas I, Fatouros IG, Douroudos II, Chatzinikolaou A, Michailidis Y, Draganidis D, et al. Physiological and performance adaptations of elite Greco-Roman wrestlers during a one-day tournament. *European journal of applied physiology*. 2011 Jul;111(7):1421-36. doi: 10.2165/00007256-200838110-00005
 8. Suzuki T, Morita M, Kobayashi Y, Kamimura A. Oral L-citrulline supplementation enhances cycling time trial performance in healthy trained men: Double-blind randomized placebo-controlled 2-way crossover study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2016 Dec;13(1):1-8. doi: 10.1186/s12970-016-0117-z
 9. Patel JJ, Miller KR, Rosenthal C, Rosenthal MD. When is it appropriate to use arginine in critical illness?. *Nutrition in Clinical Practice*. 2016 Aug;31(4):438-44. doi: 10.1177/0884533616652576
 10. Bailey SJ, Blackwell JR, Williams E, Vanhatalo A, Wylie LJ, Winyard PG, et al. Two weeks of watermelon juice supplementation improves nitric oxide bioavailability but not endurance exercise performance in humans. *Nitric Oxide*. 2016 Sep 30;59:10-20. doi: 10.1016/j.niox.2016.06.008
 11. Martínez-Sánchez A, Ramos-Campo DJ, Fernández-Lobato B, Rubio-Arias JA, Alacid F, Aguayo E. Biochemical, physiological, and performance response of a functional watermelon juice enriched in L-citrulline during a half-marathon race. *Food & Nutrition Research*. 2017 Jun 13. doi: 10.1080/16546628.2017.1330098
 12. Kiyici F, Eroglu H, Kishali NF, Burmaoglu G. The effect of citrulline/malate on blood lactate levels in intensive exercise. *Biochemical genetics*. 2017 Dec;55(5):387-94. doi: 10.1007/s10528-017-9807-8
 13. Da Silva DK, Jacinto JL, De Andrade WB, Roveratti MC, Estoche JM, Balvedi MC, et al. Citrulline malate does not improve muscle recovery after resistance exercise in untrained young adult men. *Nutrients*. 2017 Oct;9(10):1132. doi: 10.3390/nu9101132
 14. Figueroa A, Wong A, Jaime SJ, Gonzales JU. Influence of L-citrulline and watermelon supplementation on vascular function and exercise performance. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*. 2017 Jan 1;20(1):92-8. doi: 10.1097/mco.0000000000000340
 15. Cutrufello PT, Gadomski SJ, Zavorsky GS. The effect of l-citrulline and watermelon juice supplementation on anaerobic and aerobic exercise performance. *Journal of sports sciences*. 2015 Aug 27;33(14):1459-66. doi: 10.1080/02640414.2014.990495
 16. Nakhostin-Roohi B, MohammadiAghdam Z. The effect of L-Arginine supplementation on Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) after eccentric heavy exercise. *Hormozgan Medical Journal*. 2017;21(3):169-77. doi: 10.29252/hmj.21.3.169
 17. Hsieh KF, Shih JM, Shih YM, Pai MH, Yeh SL. Arginine administration increases circulating endothelial progenitor cells and attenuates tissue injury in a mouse model of hind limb ischemia/reperfusion. *Nutrition*. 2018 Nov 1;55:29-35. doi: 10.1016/j.nut.2018.02.019
 18. Bohlooli S, Barmaki S, Khoshkharesh F, Nakhostin-Roohi B. The effect of spinach supplementation on exercise-induced oxidative stress. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 2014 Jun 12;55(6):609-14. doi: 10.1111/j.2042-7158.2011.01314.x
 19. Yavuz HU, Turnagol H, Demirel AH. Pre-exercise arginine supplementation increases time to exhaustion in elite male wrestlers. *Biology of sport*. 2014 Aug;31(3):187. doi: 10.5604/20831862.1111436
 20. Aguiar AF, Balvedi MC, Buzzachera CF, Altimari LR, Lozovoy MA, Bigliassi M, et al. L-Arginine supplementation does not enhance blood flow and muscle performance in healthy and physically active older women. *European journal of nutrition*. 2016 Sep;55(6):2053-62. doi: 10.1007/s00394-015-1019-6
 21. Kuehl KS. Cherry juice targets antioxidant potential and pain relief. *Acute Topics in Sport Nutrition*. 2012;59:86-93.
 22. Ammar A, Chtourou H, Hammouda O, Turki M, Ayedi F, Kallel C, et al. Relationship between biomarkers of muscle damage and redox status in response to a weightlifting training session: effect of time-of-day. *Acta Physiologica Hungarica*. 2016 Jun;103(2):243-61. doi: 10.1556/036.103.2016.2.11
 23. Wells BJ, Mainous III AG, Everett CJ. Association between dietary arginine and C-reactive protein. *Nutrition*. 2005 Feb 1;21(2):125-30. doi: 10.1016/j.nut.2004.03.021
 24. Pournot H, Bieuzen F, Louis J, Mounier R, Fillard JR, Barbiche E, et al. Correction: Time-Course of Changes in Inflammatory Response after Whole-Body Cryotherapy Multi Exposures following Severe Exercise. *PloS one*. 2011;6(11). doi: 10.1371/journal.pone.0022748