



Effect of one-week supplementation of Citrulline-Malate, L-arginine and their combination on metabolic stress and performance in male wrestlers

Ramin Amirsasn^{1*}, Amir Shakib², Javad Vakili³

1. Associate Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education & Sport Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

2. MSc in Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education & Sport Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

3. Assistant Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education & Sport Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

Abstract

Background and Aim: L-citrulline has recently reported as a more effective supplement for promoting intracellular nitric oxide (NO) production and also performance as compared to L-arginine. The aim of present research was to evaluate the effect of one-week of Citrulline-Malate, L-arginine supplementation and their combination on metabolic stress, blood pressure and exercise performance in male wrestlers. **Materials and Methods:** In this semi-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 into four equal as citrulline-malate (Cit; 4 g/days), L-arginine (L-Arg; 4 g/days), their combination (2 g/days L-Arg + 2 g/days Cit) and placebo (P) groups. Before and after supplementation period, all subjects were participated in a competition like wrestling. After the initial blood sampling, the wrestlers performed the wrestling-like competitive test, and then the secondary blood sample was taken five minutes after the test. After one week of supplementation, exercise protocols and blood sampling are performed in the same way. Plasma lactate, urea and both aerobic and anaerobic power were analyzed. Change any of the parameters (mean and standard deviation) during four stages and also between groups were determined by repeated measure analysis of variance and Bonferoni post hoc tests, at the significance level of $p < 0.05$. **Results:** Urea and lactate concentration after one week supplementation of Citrulline-Malate and combination of Citrulline-Malate with L-arginine were significantly increased and decreased, respectively ($p < 0.05$). Moreover, anaerobic power was significantly increased following the combined supplementation ($p < 0.05$). Also, all three types of intervention could increase aerobic capacity, resting NO levels and NO response to competition like wrestling ($p < 0.05$). In addition, none of the above interventions had no effect on blood pressure ($p > 0.05$). **Conclusion:** It seems that combination of Citrulline-Malate and L-arginine supplementation improve performance via reduce exercise-induced metabolic stress and fatigue index (lactate).

Keywords: Citrulline-Malate, L-arginine, Lactate, Urea, Anaerobic power, Wrestling.



مقایسه تأثیر یک هفته مکمل سازی سیترولین-مالات، ال-آرژنین و مکمل ترکیبی بر شاخص های فشار سوخت و سازی و عملکرد مردان کشتی گیر

رامین امیرساسان^{۱*}، امیر شکیب^۲، جواد وکیلی^۳

۱. دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۲. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۳. استادیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: به تازگی ال-سیترولین به عنوان یک مکمل کارآمدتر نسبت به ال-آرژنین، برای تولید نیتریک اکساید (NO) و بهبود عملکرد ارائه شده است. هدف تحقیق حاضر مقایسه تأثیر یک هفته مکمل سازی سیترولین-مالات، ال-آرژنین و ترکیب آن ها بر شاخص های فشار سوخت و سازی، فشار خون و عملکرد مردان کشتی گیر بود. **روش تحقیق:** در این مطالعه نیمه تجربی، ۴۰ کشتی گیر (۱۹-۲۵ ساله، با میانگین وزنی ۹۰-۶۰ کیلوگرم و میزان چربی ۲۰-۱۲ درصد) انتخاب و به صورت تصادفی و دوسویه کور، در چهار گروه همگن شامل مکمل سازی یک هفته ای ال-آرژنین (چهار گرم در روز)، سیترولین-مالات (چهار گرم در روز)، ترکیبی (دو گرم از هر کدام در روز) و دارونما قرار گرفتند. در ابتدا و پس از نمونه گیری اولیه خونی، کشتی گیرانی آزمون شبیه سازی شده کشتی را اجرا کردند و سپس نمونه خونی ثانویه پنج دقیقه بعد از آزمون، اخذ گردید. بعد از یک هفته مکمل سازی، مجدداً پروتکل تمرینی و اخذ نمونه های خونی تکرار شد و غلظت لاکتات، اوره و توان بی هوازی و هوازی شرکت کنندگان اندازه گیری گردید. داده ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس (ANOVA) با اندازه گیری مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی، در سطح معنی داری $p < 0.05$ تجزیه و تحلیل شدند. **یافته ها:** یک هفته مکمل سازی سیترولین-مالات و مکمل ترکیبی باعث افزایش معنی دار اوره و کاهش معنی دار لاکتات خون متعاقب آزمون شبیه سازی شده کشتی گردید ($p < 0.05$). توان بی هوازی تنها در گروه مکمل سازی ترکیبی به طور معنی داری بهبود یافت ($p < 0.05$). از طرف دیگر، هر سه نوع مداخله باعث افزایش توان هوازی، نیتریک اکساید (NO) استراحتی و پاسخ NO به آزمون شبیه سازی شده گردیدند ($p < 0.05$). با این حال، هیچ یک از مداخلات فوق الذکر تأثیری بر فشار خون شرکت کنندگان نداشت ($p > 0.05$). **نتیجه گیری:** به نظر می رسد مکمل سازی ترکیبی سیترولین-مالات با ال-آرژنین، با کاهش شاخص های استرس سوخت و سازی و خستگی (تولید لاکتات) ناشی از رقابت کشتی، باعث بهبود عملکرد این ورزشکاران می شود.

واژه های کلیدی: سیترولین-مالات، ال-آرژنین، لاکتات، اوره، توان بی هوازی، ورزش کشتی.

مقدمه

کشتی، ورزش ملی ایران و یکی از ورزش های مدال آور و المپیکی است. دستگاه انرژی اصلی تامین هزینه انرژی مورد نیاز ورزشی کشتی، دستگاه انرژی بی هوازی است. در ورزش شدیدی مثل کشتی، غلظت لاکتات درون سلولی به ۳۰ میلی مول در لیتر یا بیشتر افزایش می یابد که با کاهش PH درون سلولی همراه است. نکته قابل تامل این است که مدت زمان اجرای یک مسابقه کشتی ممکن است از ۱۰ ثانیه تا ۶ دقیقه به طول بیانجامد، در نتیجه تقویت هر سه سیستم انرژی باید در دستور کار مربیان قرار بگیرد (گودرزی و هنری، ۲۰۰۹؛ میرزایی و دیگران، ۲۰۱۷). همچنین، انجام فعالیت ورزشی شدید مانند کشتی رقابتی ممکن است باعث تولید متابولیت های گلیکولیتیک حین فعالیت ورزشی شود (دل کوسو^۱ و دیگران، ۲۰۱۰). به علاوه، افزایش سوخت و ساز بی هوازی از طریق گلیکولیز، باعث افزایش تولید لاکتات و اسیددیده در عضلات فعال و تجمع یون هیدروژن می شود (بیشاپ^۲ و دیگران، ۲۰۰۴)، این مسئله به نوبه خود می تواند باعث افت عملکرد در فعالیت های ورزشی شدید شود؛ از این رو، همواره مربیان و دانشمندان ورزشی به دنبال راهکارهای برای بهبود عملکرد از طریق کاهش استرس سوخت و ساز و پیامدهای ناشی از آن از قبیل کاهش PH عضلانی و به دنبال آن، افت عملکرد بوده اند (رابرگز^۳ و دیگران، ۲۰۰۵).

استفاده از مکمل های ورزشی برای بهبود عملکرد، یکی از روش های ارگونومیک^۴ است که همواره توجه زیادی را به خود جلب کرده است. در این بین، اخیراً سیترولین-مالات توجه زیادی را به خود جلب کرده است. اسیدآمینه ال-سیترولین در خیار، کدوتنبل، خربزه تلخ و به ویژه هندوانه وجود دارد و پیش ساز اسیدآمینه ضروری ال-آرژنین^۵ بشمار می رود. مطالعات نشان داده اند که مکمل سازی سیترولین-مالات با کاهش نسبت PH به توان و افزایش سوخت و ساز هوازی، باعث بهبود برون ده

توان عضلانی می شود (بنداهان^۶ و دیگران، ۲۰۰۲). همچنین، بهبود عملکرد فعالیت ورزشی بالاتنه (پرز-گایسادو و جکمن^۷، ۲۰۱۰)، پایین تنه (واکس^۸ و دیگران، ۲۰۱۵) و بهبود کوفتگی عضلانی (پرز-گایسادو و جکمن، ۲۰۱۰) پس از مکمل سازی سیترولین-مالات گزارش شده است. علاوه بر آن، سوزوکی^۹ و دیگران (۲۰۱۶) گزارش کرده اند که ۷ روز مکمل سازی ال-سیترولین منجر به بهبود عملکرد آزمون تایم تریل (کاهش زمان رسیدن به خط پایان) در دوچرخه سواران می شود. این نکته هم باید خاطر نشان شود که مکمل سازی سیترولین-مالات از طریق افزایش پاکسازی آمونیاک در چرخه اوره، می تواند باعث کاهش تجمع لاکتات به وسیله ناقل سوخت و ساز مرتبط با مالات و به دنبال آن، افزایش سوخت و ساز هوازی شود (کانیفی^{۱۱} و دیگران، ۲۰۱۶). به علاوه، افزایش سطح آمونوم خون طی فعالیت ورزشی شدید، باعث فعال سازی فسفو فروکتوکیناز^{۱۲} (PFK) و مهار اکسیداسیون پیرووات به استیل کوآنزیم-A می شود. فعال سازی PFK باعث تسهیل تولید لاکتات و به دنبال آن، کاهش PH درون سلولی، کاهش رهایش کلسیم از شبکه سارکوپلاسمی و در نهایت، کاهش انقباض پذیری عضلانی می شود (تاکدا^{۱۳} و دیگران، ۲۰۱۱). در این راستا، منگوئلو^{۱۴} و دیگران (۲۰۰۳) گزارش کرده اند که مکمل سازی سیترولین-مالات باعث کاهش تجمع آمونوم پس از فعالیت ورزشی و بهبود زمان رسیدن به واماندگی می شود. با این حال، عدم تأثیر دریافت ال-سیترولین در بهبود فعالیت ورزشی بالاتنه یا زمان رسیدن به واماندگی، حین فعالیت روی نوارگردان نیز گزارش شده است (کوتروفلو^{۱۵} و دیگران، ۲۰۱۵).

ال-آرژنین یکی دیگر از مکمل های ورزشی است که به صورت گسترده توسط ورزشکاران با اهداف مختلف مورد استفاده قرار می گیرد. اسید آمینه ال-آرژنین در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک مهم مانند سنتز پروتئین ها، اوره و پلی آمین ها نقش

1. Del Coso
2. Bishop
3. Robergs
4. Ergogenic
5. Citrulline Malate
6. L-Arginine
7. Bendahan
8. Pérez-Guisado & Jakeman

9. Wax
10. Suzuki
11. Cunniffe
12. Phosphofructokinase
13. Takeda
14. Meneguello
15. Cutrufello

نتیجه، افزایش جریان خون عضلات رخ داده و به افزایش ارسال مواد مغذی و دفع مواد زائد منجر می‌شود. دوم آنکه ترکیب آنها با تقویت پاکسازی آمونوم (در فعالیت‌های با شدت بالا در خون تجمع می‌یابد) تولیدی توسط چرخه اوره، منجر به افزایش گلیکولیز و در نهایت، منجر به کاهش احتمالی تولید لاکتات در مسیرهای بی‌هوازی می‌شود. همچنین، این نکته باید خاصر نشان شود که NO دارای نیمه عمر بسیاری کوتاهی (در حد چند ثانیه) بوده و محصول فرعی اصلی سوخت و ساز آن، یعنی نیترات معمولاً اندازه‌گیری می‌شود. از این رو، با توجه به محدود بودن مطالعات انجام شده در این زمینه، وجود نتایج ناهمسو، محدود بودن تحقیقات انجام شده در زمینه اثر ترکیبی این دو مکمل، و اهمیت شناسایی اثر هم‌افزایی احتمالی آن‌ها بر لاکتات، اوره، NO، فشار خون و توان هوازی و بی‌هوازی کشتی‌گیران؛ تحقیق حاضر با هدف مقایسه تأثیر مکمل‌سازی سیتروولین-مالات، ال-آرژنین و ترکیب آن‌ها بر غلظت لاکتات، اوره، NO، فشار خون و توان هوازی و بی‌هوازی مردان کشتی‌گیر به اجرا درآمد.

روش تحقیق

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی بود که روی کشتی‌گیران شهر تبریز در محدوده سنی ۲۵-۱۹ سال با دامنه وزنی ۹۰-۶۰ کیلوگرم (جدول ۱)؛ اجرا شد. کشتی‌گیران باشگاه‌های شهر تبریز که سابقه حداقل دو سال فعالیت در رشته کشتی داشتند، جامعه آماری را تشکیل دادند و بر اساس نمونه‌گیری تصادفی، تعداد ۴۰ نفر از آن‌ها بر اساس معیارهای سن، وزن و درصد چربی انتخاب شدند (جدول ۱). آزمودنی‌ها سیگاری نبودند و سابقه ابتلا به بیماری و مصرف دارو نداشتند. بعد از انتخاب نمونه آماری، آزمودنی‌ها بر اساس آزمون توان هوازی و بی‌هوازی، همگن سازی شده و به صورت تصادفی به چهار گروه ۱۰ نفری شامل گروه مکمل ال-آرژنین، مکمل سیتروولین-مالات، گروه مکمل ترکیبی و دارونما تقسیم گردیدند. کد اخلاق از دانشگاه علوم پزشکی تبریز با شناسه IR.TBZMED.REC.1397.231 دریافت شد. پس از انتخاب آزمودنی‌ها، کلیه مراحل تحقیق شرح داده شد. آزمودنی‌ها فرم رضایت نامه کتبی را پر کردند و رژیم غذایی سه روزه آن‌ها با استفاده از پرسشنامه یاد آمد غذایی ۲۴ ساعته کالج آمریکایی

دارد (پاتل^۱ و دیگران، ۲۰۱۶). این نکته باید نیز خاطر نشان شود که آرژنین سوبسترای منحصر به فرد و یگانه آنزیم نیتریک اکساید سنتاز^۲ (NOS) و پیش ساز سنتز نیتریک اکساید^۳ (NO) است. همچنین، برخی محققان گزارش کرده‌اند که افزایش NO در گردش خون بر اثر مکمل‌سازی ال-سیتروولین یا ال-آرژنین باعث بهبود عملکرد هوازی (اکسیژن مصرفی بیشینه) از طریق کاهش فشار خون (سیستولی)، افزایش اتساع عروقی و جریان خون موضعی می‌شود و نقش مهمی در موفقیت ورزشی و بازیابی به وهله‌های مکرر فعالیت ورزشی دارد (راساف^۴ و دیگران، ۲۰۰۷؛ دریبیگاگر^۵ و دیگران، ۲۰۱۰؛ بایلی^۶ و دیگران، ۲۰۱۵). به علاوه، در برخی مطالعات گزارش شده است که پس از مکمل‌سازی موادی که غلظت NO سرمی را افزایش می‌دهند، اقتصاد فعالیت ورزشی (اکسیژن مصرفی کمتر در عین حال انجام کار مساوی) بهبود می‌یابد (بایلی و دیگران، ۲۰۱۰؛ لارسن^۷ و دیگران، ۲۰۱۱). با این حال، عدم افزایش عملکرد ورزشی پس از مکمل‌سازی این‌گونه مواد مغذی هم گزارش شده است (بسکوش^۸ و دیگران، ۲۰۱۱).

با توجه به آثار مشابه این دو اسید آمینه، برخی مطالعات به مقایسه آثار و میزان اثربخشی آنها پرداخته‌اند. به عنوان مثال، بایلی و دیگران (۲۰۱۶) گزارش کرده‌اند که ۶ روز مکمل‌سازی سیتروولین-مالات موجب بهبود عملکرد ورزشی می‌شود، در حالی که ال-آرژنین تأثیری بر عملکرد ندارد. با این حال، هنوز میزان اثربخشی هر یک از آنها و اثرهم‌افزایی ترکیب و دریافت همزمان این دو اسید آمینه، به طور دقیق مشخص نشده است. ضمن این که بر اساس اطلاعات ما، تا به امروز فقط یک مقاله اثر ترکیبی ال-آرژنین و سیتروولین-مالات را در انسان بررسی کرده که آن هم بدون اندازه‌گیری عملکرد ورزشی بوده است. در همین راستا، سوزوکی و دیگران (۲۰۱۶) گزارش کرده‌اند که مصرف ترکیبی ال-آرژنین و سیتروولین-مالات، سطوح آرژنین پلازما را به طور موثرتر و سریع‌تری افزایش می‌دهند. به علاوه، ترکیب این دو مکمل با یکدیگر باعث تقویت چندین سازوکار مرتبط با هر دو ماده می‌شود: اول اینکه احتمالاً تولید NO بیشتر از زمانی می‌شود که مقدار مشابهی از هر یک از آنها دریافت شود؛ در

1. Patel

2. Nitric oxide synthase

3. Nitric Oxide

4. Rassaf

5. Dreibigacker

6. Bailey

7. Larsen

8. Bescos

نمونه‌های خونی ۱۵ دقیقه قبل و ۵ دقیقه پس از پروتکل تمرینی، توسط متخصص با استفاده از سرنگ‌های ۵ میلی لیتری جمع آوری گردید و سپس در دمای منفی ۲۰ درجه تا زمان اندازه‌گیری شاخص‌ها نگهداری شدند. ابتدا نمونه‌های اخذ شده سانتریفیوژ شدند و سرم جدا گردید؛ سپس با استفاده از کیت‌های لاکتات شرکت پارس آزمون ایران (با حساسیت کیت ۰/۲ میلی‌مول در لیتر و ضریب پایایی بین‌گروهی ۲/۴۷ درصد و ضریب پایایی درونی ۱/۱۶ درصد) و با بکارگیری روش آزمایشگاهی الیزا؛ آنالیزهای مورد نظر صورت گرفت. از آنجا که مقدار NO در خون به دلیل فرار بودن آن، قابل اندازه‌گیری نیست؛ از اندازه محصولات فرعی سوخت و ساز آن نظیر نیترات برای ارزیابی استفاده شد. میزان نیترات پلاسمایی با کیت Biovision ساخت کشور آمریکا (حساسیت ۰/۰۵ میکرومول در لیتر، ضریب تغییرات درونی ۲/۵ درصد و بیرونی ۴/۶ درصد) و با استفاده از روش Immunoassay و رنگ‌سنجی؛ اندازه‌گیری گردید. به علاوه، فشار خون سیستولی و دیاستولی ۳۰ دقیقه قبل و بلافاصله پس از آزمون، با استفاده از دستگاه فشارسنج جیوه‌ای مایکروولایف^۶ مدل BP AG1-20 (ساخت کشور سوئیس) تعیین گردید.

برای توصیف داده‌های گردآوری شده از روش‌های آمار توصیفی و برای ارزیابی توزیع طبیعی داده‌ها و همگنی واریانس‌ها، به ترتیب از آزمون شاپیرو-ویلک^۷ و لون^۸ استفاده شد. آزمون فرضیه‌ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس (ANOVA) با اندازه‌گیری مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی^۹ در سطح معنی‌داری $p < 0.05$ انجام گرفت. کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ به اجرا در آمدند.

یافته‌ها

در جدول ۱ مشخصات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها ارائه شده است. همچنین، در جدول ۲ مقادیر متغیرهای وابسته در هر چهار گروه شرکت کننده ذکر گردیده است. نتایج مربوط به مقایسه میانگین تمام شاخص‌ها با استفاده از آزمون ANOVA نشان داد که پیش از شروع طرح تحقیق، تفاوت معنی‌داری بین متغیرهای مورد مطالعه وجود ندارد ($p > 0.05$).

طب ورزشی و FFQ بررسی گردید (فیگورا^۱ و دیگران، ۲۰۱۷). پس از بررسی رژیم غذایی سه روزه، با قرار دادن فهرستی از مواد غذایی حاوی آرژنین و سیترولین-مالات، از آزمودنی‌ها خواسته شد مصرف این مواد غذایی را به حداقل برسانند و با دقت بیشتری گزارش کنند. سپس از آزمودنی‌ها پیش‌آزمون گرفته شد که شامل یک آزمون شبیه سازی بر اساس زمان مسابقه کشتی بود. این آزمون محقق ساخته در دو زمان ۳ دقیقه‌ای (۱۵ ثانیه فعالیت و ۱۵ ثانیه استراحت) با استراحت ۳۰ ثانیه ای بین دو مرحله ۳ دقیقه‌ای، اجرا گردید. ۱۰ دقیقه پس از آن، آزمون دویدن سرعتی بی‌هوازی^۲ (RAST) با هدف اندازه‌گیری شاخص‌های اوج توان بی‌هوازی، میانگین توان بی‌هوازی و شاخص خستگی (کوتروفلو و دیگران، ۲۰۱۵)؛ و سپس با فاصله ۱۵ دقیقه، آزمون هوازی شاتل‌ران^۳ به منظور اندازه‌گیری حداکثر اکسیژن مصرفی (کوتروفلو و دیگران، ۲۰۱۵)؛ اجرا شدند.

هر چهار گروه دریافت کننده مکمل، به مدت ۷ روز مکمل مورد نظر را با دوز ۴ گرم در روز به صورت محلول در آب با غلظت ۴ گرم در ۲۴۰ میلی لیتر آب، با فاصله زمانی یک ساعت قبل از فعالیت ورزشی؛ مصرف کردند (کوتروفلو و دیگران، ۲۰۱۵)؛ کافی و دیگران، ۲۰۱۶). گروه ترکیبی ۲ گرم سیترولین-مالات و ۲ گرم ال-آرژنین و گروه کنترل، فقط ۴ گرم دکستروز^۴ دریافت کردند و در طول یک هفته به تمرینات عادی خود ادامه دادند. برنامه تمرین شامل ۳ جلسه در هفته بدین صورت بود که در هر جلسه ۲۰ دقیقه اول به گرم کردن، ۲۰ دقیقه دوم به توضیح نکات و آموزش صحیح فنون، سپس ۶۰ دقیقه به تمرینات اصلی کشتی و مرور فنون، و نهایتاً ۲۰ دقیقه هم به سردکردن اختصاص داشت. لازم به ذکر است که مکمل سیترولین-مالات با نام تجاری استیمول^۵ (ساخت کشور فرانسه) و از شرکت دارویی بهین پاد و ال-آرژنین (ساخت شرکت Nutricost کشور آمریکا) از داروخانه تهیه شد. همچنین به آزمودنی‌ها توصیه شد که ۴۸ ساعت قبل از آزمون مقدماتی و آزمون نهایی؛ فعالیت ورزشی شدید و آسیب زا (به ویژه فعالیت ورزشی مقاومتی شدید و فعالیت ورزشی غیرعادی) انجام ندهند.

1. Figueroa
2. Running-based anaerobic sprint test
3. Shuttle run
4. Dextrose
5. Stimol

6. Elisa
7. Microlife
8. Shapiro-Wilk
9. Leven's
10. Bonferroni

جدول ۱. مشخصات جمعیت شناختی آزمودنی‌ها

شاخص‌ها	گروه‌ها	انحراف استاندارد \pm میانگین
سن (سال)	ال-آرژنین	۲۱/۲۰ \pm ۵/۸۷
	سیترولین-مالات	۲۲/۱۰ \pm ۸/۴۶
	ترکیبی	۲۲/۱۰ \pm ۳/۷۳
	دارونما	۲۲/۲۰ \pm ۴/۱۷
وزن (کیلوگرم)	ال-آرژنین	۷۶/۶۰ \pm ۶/۵۰
	سیترولین-مالات	۷۵/۷۰ \pm ۳/۹۰
	ترکیبی	۷۷/۹۰ \pm ۲/۴۰
	دارونما	۷۶/۸۰ \pm ۶/۷۰
قد (متر)	ال-آرژنین	۱/۷۷ \pm ۰/۰۴
	سیترولین-مالات	۱/۷۶ \pm ۰/۰۵
	ترکیبی	۱/۷۷ \pm ۰/۰۴
	دارونما	۱/۷۳ \pm ۰/۰۴
شاخص توده بدنی (کیلوگرم/متر مربع)	ال-آرژنین	۲۴/۱۰ \pm ۳/۷۰
	سیترولین-مالات	۲۴/۱۰ \pm ۱۵/۳۰
	ترکیبی	۲۴/۳۰ \pm ۶/۱۰
	دارونما	۲۵/۲۰ \pm ۵/۷۰
چربی بدن (درصد)	ال-آرژنین	۱۷/۲۰ \pm ۲۷/۸۶
	سیترولین-مالات	۱۵/۲۰ \pm ۴/۱۹
	ترکیبی	۱۵/۳۰ \pm ۲/۲۰
	دارونما	۱۶/۲۰ \pm ۴/۷۰

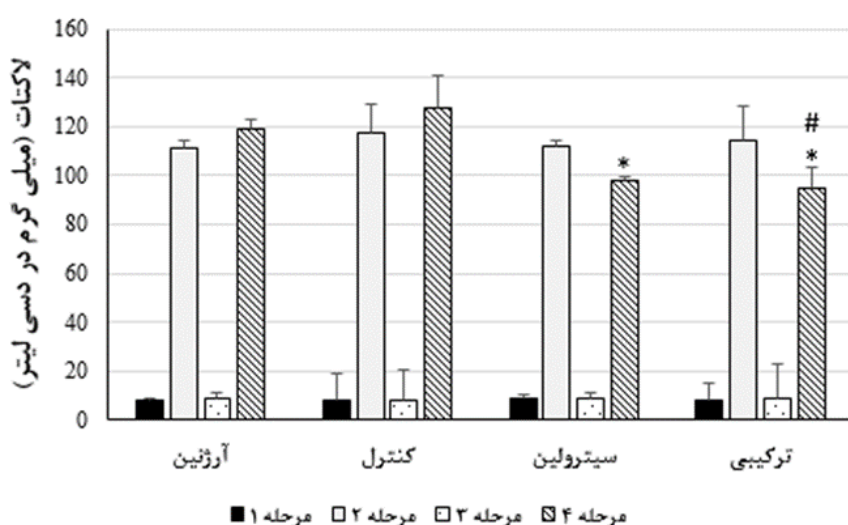
بر اساس یافته‌ها، یک هفته مکمل‌سازی سیترولین-مالات و ترکیب سیترولین-مالات با ال-آرژنین، به ترتیب باعث افزایش معنی‌دار اوره ($p=0/001$) و کاهش معنی‌دار لاکتات خون ($p=0/007$) متعاقب یک رقابت کشتی شبیه‌سازی شده گردید. بر اساس نتایج مقایسه‌های بین گروهی، گروه دریافت‌کننده سیترولین-مالات از گروه کنترل؛ گروه مکمل ترکیبی نیز از گروه کنترل و گروه ال-آرژنین، به ترتیب اوره خون بالاتر (به ترتیب با $p=0/001$ ؛ $p=0/001$ ؛ $p=0/004$) و لاکتات خون پایین‌تری (به ترتیب با $p=0/003$ ؛ $p=0/006$ ؛ $p=0/004$) داشتند (شکل ۲ و ۳). به علاوه، یک هفته مکمل‌سازی، تنها در گروه ترکیبی (سیترولین-مالات با ال-آرژنین) باعث بهبود توان بی‌هوازی ($p=0/001$) کشتی‌گیران شد، اما تفاوتی بین هیچ یک از گروه‌ها (به ترتیب با $p=0/050$ ؛ $p=0/040$ ؛ $p=0/080$) برای گروه ال-آرژنین، سیترولین-مالات و کنترل دیده نشد (جدول ۲).

جدول ۲. تغییرات (میانگین ± انحراف استاندارد) متغیرهای وابسته تحقیق در مراحل مختلف اندازه گیری

گروه‌های مورد مطالعه				مراحل	شاخص‌ها
کنترل	مکمل ترکیبی	سیترولین-مالات	ال-آرژنین		
۸/۳۰±۳/۱۰	۸/۱۰±۴/۵۰	۸/۴۰±۲/۳۰	۸/۱۰±۱/۰۹	قبل از آزمون اول	لاکتات پلاسما (میلی گرم /دسی لیتر)
۱۱۷/۲۰±۱۴/۲۰	۱۱۴/۴۰±۱۳/۸۰	۱۱۲/۲۰±۱۲/۳۰	۱۱۱/۱۰±۱۰/۳	بعد از آزمون اول	
۷/۹۰±۲/۳۰	۸/۷۰±۱/۵۰	۹/۰۷±۲/۱۰	۸/۵۰±۱/۸۰	قبل از آزمون دوم	اوره (میلی گرم / دسی لیتر)
۱۲۷/۴۰±۶/۳۰	۹۴/۸۰±۸/۵۰	۹۸/۳۰±۱۴/۴۰	۱۱۸/۸۰±۶/۶۰	بعد از آزمون دوم	
۲۷/۵۰±۲/۵۰	۳۱/۶۰±۴/۰۳	۳۱/۶۰±۵/۴۰	۲۸/۷۰±۵/۰۶	قبل از آزمون اول	نیترات (میکرومول /لیتر)
۲۹/۵۰±۱/۷۰	۳۳/۷۰±۳/۶۰	۳۳/۲۰±۲/۷۰	۲۹/۸۰±۳/۳۰	بعد از آزمون اول	
۲۷/۷۰±۲/۴۰	۳۲/۳۰±۳/۴۰	۳۰±۵/۱۰	۲۹/۴۰±۴/۶۰	قبل از آزمون دوم	فشار خون سیستولی (میلی متر جیوه)
۲۹/۱۰±۲/۶۰	۳۸/۱۰±۲/۹۰	۳۷/۳۰±۴/۷۰	۳۲/۱۰±۴/۲۰	بعد از آزمون دوم	
۲۳/۸۰±۳/۴۰	۲۲/۴۰±۲/۶۰	۲۱/۹۰±۲/۹۰	۲۱/۴۰±۲/۴۰	قبل از آزمون اول	فشار خون دیاستولی (میلی متر جیوه)
۲۷/۹۰±۱/۴۰	۲۹/۲۰±۳/۱۰	۲۷/۵۰±۲/۴۰	۲۶/۴۰±۲/۸۰	بعد از آزمون اول	
۲۷/۶۰±۴	۱۷۷/۱۰±۷/۷۰	۱۵۳/۵۰±۳/۶۰	۱۲۳/۹۰±۶/۱۰	قبل از آزمون دوم	میانگین فشار خون (میلی متر جیوه)
۳۰/۲۰±۳/۱۰	۱۸۳/۵۰±۶/۳۰	۱۶۰/۸۰±۸/۹۰	۱۲۸/۶±۶/۰۹	بعد از آزمون دوم	
۱۲۴/۸۰±۴/۸۰	۱۲۴/۶۰±۳/۶۲	۱۲۴/۶۰±۴/۱۵	۱۲۳/۷۰±۴/۷۹	قبل از آزمون اول	میانگین توان بی‌هوای (وات)
۱۲۴/۷۰±۵/۱۲	۱۲۱/۵۰±۳/۰۲	۱۲۲/۶۰±۳/۴۰	۱۲۲/۷۰±۴/۹۴	بعد از آزمون اول	
۱۲۴/۱۰±۴/۰۱	۱۲۴/۳۰±۳/۴۶	۱۲۴±۴/۰۹	۱۲۳/۴۰±۴/۵۰	قبل از آزمون دوم	اوج توان بی‌هوای (وات)
۱۲۳/۴۰±۴/۰۳	۱۱۹/۴۰±۱/۵۷	۱۲۱/۱۰±۲/۷۰	۱۲۲/۵۰±۴/۶۰	بعد از آزمون دوم	
۷۲/۷۰±۶/۱۰	۷۲/۴۰±۴/۹۰	۷۲/۸۰±۶/۴۵	۷۲/۳۰±۴/۳۵	قبل از آزمون اول	حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر /کیلوگرم / دقیقه)
۷۱/۲۰±۶/۳۶	۷۰/۸۰±۳/۸۵	۷۰/۴۰±۵/۴۳	۷۰/۶۰±۳/۸۷	بعد از آزمون اول	
۷۳/۴۰±۶/۴۲	۷۰/۱۰±۳/۲۴	۷۰/۸۰±۵/۵۰	۷۰/۵۰±۴/۰۹	قبل از آزمون دوم	
۷۲/۴۰±۶/۱۰	۶۷±۲/۰۵	۶۹/۲۰±۲/۹۰	۶۹/۸۰±۴/۱۹	بعد از آزمون دوم	
۹۰/۰۹±۵/۲۰	۸۹/۸۰±۴/۴۳	۹۰/۱۰±۳/۹۰	۸۹/۴۰±۳/۵۲	قبل از آزمون اول	
۸۹/۰۹±۵/۱۰	۸۷/۷۰±۲/۹۰	۸۷/۸۰±۳/۱۰	۸۸/۰۳±۳/۱۰	بعد از آزمون اول	
۹۰/۳۰±۵/۲۰	۸۸/۱۰±۲/۴۰	۸۸/۵۰±۳/۷۰	۸۸/۱۰±۳/۳۰	قبل از آزمون دوم	
۸۹/۴۰±۵/۰۲	۸۴/۴۰±۱/۵۰	۸۶/۵۰±۱/۷۰	۸۷/۴۰±۳/۴۰	بعد از آزمون دوم	
۳۶۹/۴۰±۸۳/۲۰	۳۷۲/۲۰±۵۹/۴۰	۳۴۹/۱۰±۴۰/۲۰	۳۶۵/۸۰±۳۰/۸۰	قبل از مکمل سازی	
۳۷۴/۸۲±۲	۵۳۰/۹۰±۷۷/۸۰	۴۶۰/۲۰±۹۴/۲۰	۴۶۶/۶۸±۲	بعد از مکمل سازی	
۴۶۹/۴۰±۱۱۶/۵۰	۴۶۰/۲۰±۸۶/۹۰	۴۷۳/۱۰±۴۱/۸۰	۴۶۳/۴۰±۸۶/۹۰	قبل از مکمل سازی	
۴۹۰/۸۰±۱۰۷/۰۳	۷۱۴/۵۰±۸۲/۱۰	۶۱۵/۲۰±۸۶/۲۰	۶۱۶/۱۰±۸۷/۳۰	بعد از مکمل سازی	
۳۷/۷۰±۳/۲۰	۳۶/۱۰±۳/۲۰	۳۷/۲۰±۱/۶۰	۳۸/۲۸±۴/۵۰	قبل از مکمل سازی	
۳۹/۲۰±۲/۹۰	۴۴/۱۰±۴/۴۰	۴۲/۴۰±۵/۴۰	۴۲/۶۰±۵/۷۰	بعد از مکمل سازی	

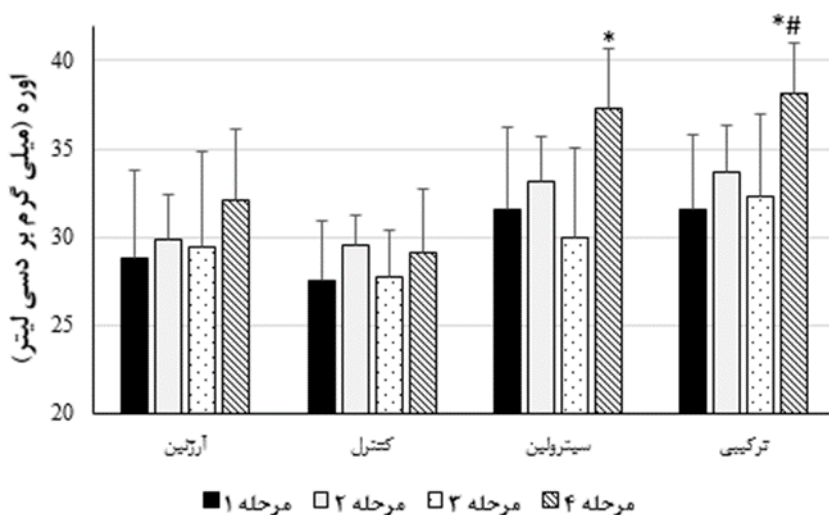
یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که هر سه نوع مکمل باعث افزایش معنی‌دار NO استراحتی و به دنبال آن افزایش معنی‌دار غلظت آن پس از آزمون شبیه‌سازی کشتی گردیده است ($p=0/001$). افزایش غلظت NO در گروه ترکیبی به طور معنی‌داری بیشتر از گروه سیترولین-مالات ($p=0/001$) و در گروه سیترولین-مالات ($p=0/001$)، به طور معنی‌داری بیشتر از

گروه ال-آرژنین بود (شکل ۳). همچنین، هر سه نوع مداخله (ال-آرژنین، سیترولین-مالات و ترکیبی) باعث افزایش توان هوازی مردان کشتی‌گیر شد (به ترتیب با $p=0/006$ ؛ $p=0/003$ ؛ $p=0/005$)؛ اما بر فشار خون سیستولی و (به ترتیب با $p=0/47$ ؛ $p=0/32$ ؛ $p=0/50$) و دیاستولی (به ترتیب با $p=0/54$ ؛ $p=0/40$ ؛ $p=0/78$) تاثیر معنی‌داری نداشت.



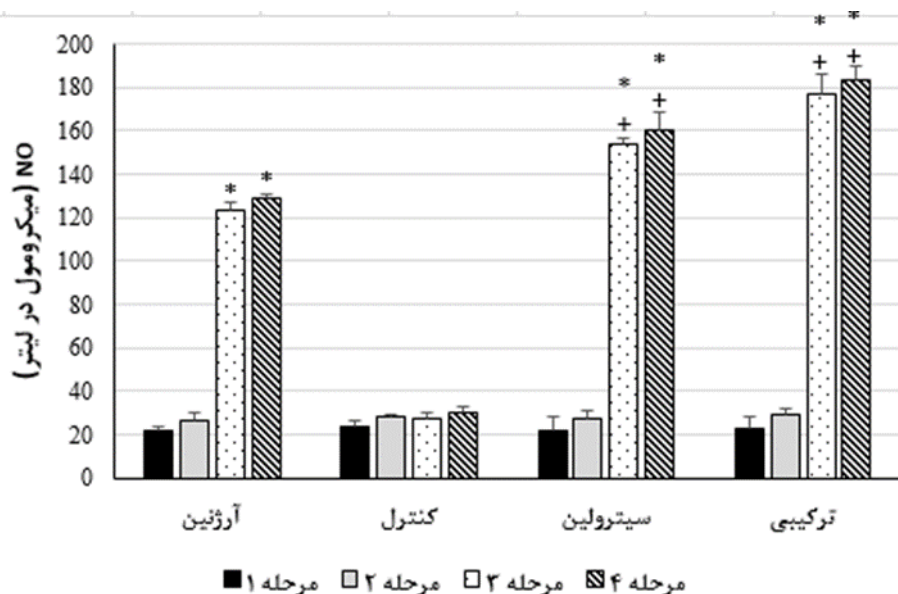
شکل ۱. مقایسه تغییرات لاکتات در ۴ گروه شرکت کننده پس از رقابت کشتی شبیه‌سازی شده.

*نشانه تفاوت معنی‌دار نسبت به گروه کنترل در سطح $p<0/05$ ؛ #نشانه تفاوت معنی‌دار نسبت به گروه ال-آرژنین در سطح $p<0/05$ ؛ (مرحله ۱: حالت پایه قبل از پروتکل تحقیق؛ مرحله ۲: مرحله اول آزمون؛ مرحله ۳: حالت پایه بعد از مکمل‌سازی؛ مرحله ۴: آزمون بعد از مکمل‌سازی).



شکل ۲. مقایسه تغییرات اوره در ۴ گروه شرکت کننده پس از رقابت کشتی شبیه‌سازی شده.

*نشانه تفاوت معنی‌دار نسبت به گروه کنترل در سطح $p<0/05$ ؛ #نشانه تفاوت معنی‌دار نسبت به گروه ال-آرژنین در سطح $p<0/05$ ؛ (مرحله ۱: حالت پایه قبل از پروتکل تحقیق؛ مرحله ۲: مرحله اول آزمون؛ مرحله ۳: حالت پایه بعد از مکمل‌سازی؛ مرحله ۴: آزمون بعد از مکمل‌سازی).



شکل ۳. مقایسه تغییرات نیتریک اکساید (نیترات) در ۴ گروه شرکت کننده پس از رقابت کشتی شبیه سازی شده.

*نشانه تفاوت معنی دار نسبت به گروه کنترل در سطح $p < 0.05$; # نشانه تفاوت معنی دار نسبت به گروه ال- آرژنین در سطح $p < 0.05$; (مرحله ۱: حالت پایه قبل از پروتکل تحقیق؛ مرحله ۲: مرحله اول آزمون؛ مرحله ۳: حالت پایه بعد از مکمل سازی؛ مرحله ۴: آزمون بعد از مکمل سازی).

بحث

دیگران (۲۰۱۷) گزارش کرده اند که دریافت ۳ گرم سیترولین-مالات در روز به مدت ۴ هفته، باعث کاهش معنی دار لاکتات پلاسمایی مردان هندبالیست طی رقابت هندبال می شود. همچنین، مارتینز-سانچز^۲ و دیگران (۲۰۱۷) کاهش معنی دار پاسخ افزایشی غلظت لاکتات ناشی از یک رقابت دوی نیمه ماراتون را پس از یک وهله مکمل سازی آب هندوانه به میزان ۵۰۰ میلی لیتر (۳/۴۵ گرم ال-سیترولین) گزارش کرده اند، اما تغییر معنی داری در رکورد این دوندگان مشاهده نشد. به علاوه، بایلی و دیگران (۲۰۱۵) گزارش کرده اند که مکمل سازی سیترولین-مالات، باعث افزایش برون ده توان طی یک آزمون دو سرعت بیشینه (۶۰ ثانیه دویدن سریع) می گردد. علاوه بر این، نتایج مطالعه فوق نشان داد که مکمل سازی ال-آرژنین و سیترولین-مالات، باعث افزایش معنی دار و تغییری مشابه غلظت ال-آرژنین پلاسمایی می شود؛ اما افزایش غلظت ال-سیترولین پلاسمایی، تنها پس از مکمل سازی سیترولین-مالات بدست آمد. یکی از سازوکارهای مرتبط با کاهش شاخص های استرس سوخت و سازی پس از مکمل سازی ال-آرژنین (در صورتی که غلظت

بر اساس یافته های تحقیق حاضر، یک هفته مکمل سازی سیترولین-مالات و ترکیب سیترولین-مالات با ال-آرژنین، به ترتیب باعث افزایش و کاهش معنی دار اوره و کاهش معنی دار لاکتات خون متعاقب یک رقابت شبیه ساز کشتی شد. همچنین، هر سه نوع مکمل باعث افزایش معنی دار NO استراحتی و به دنبال آن افزایش معنی غلظت آن پس از آزمون شبیه سازی کشتی گردیدند. افزایش غلظت NO در گروه ترکیبی به طور معنی داری بیشتر از گروه سیترولین-مالات، و افزایش آن در گروه سیترولین-مالات به طور معنی داری بیشتر از گروه ال-آرژنین بود. همچنین، هر سه نوع مکمل باعث افزایش توان هوازی مردان کشتی گیر شدند؛ در حالی که تنها مکمل ترکیبی بهبود توان بی هوازی اوج و میانگین توان بی هوازی کشتی گیران را بدنبال داشت. به علاوه، سه مکمل مورد استفاده، تغییر معنی داری در فشارخون سیستولی و دیاستولی ایجاد نکردند.

در راستای نتایج مطالعه حاضر مبنی بر کاهش معنی دار لاکتات خون متعاقب مکمل سازی سیترولین-مالات، کیچی^۱ و

گلیکولیز) و بالطبع، کاهش تولید و تجمع لاکتات و اوره منجر شود (داسیلوا^۱ و دیگران، ۲۰۱۷؛ فیگورا و دیگران، ۲۰۱۷). علاوه بر این، ملات (یا اسید مالیک) به عنوان یک میانجی چرخه کربس و شاتل لاکتات می‌تواند با افزایش سوخت و ساز هوازی و افزایش برداشت لاکتات، باعث کاهش تولید و تجمع لاکتات و به دنبال آن، افزایش توان بی‌هوازی و کاهش خستگی عضلانی شود (کوتروفلو و دیگران، ۲۰۱۵؛ فیگورا و دیگران، ۲۰۱۷).

بر اساس نتایج مطالعه حاضر مبنی بر افزایش NO پلاسمایی متعاقب مکمل یاری سیتروالین- ملات و ال- آرژنین، می‌توان ابراز داشت که سیتروالین- ملات از طریق تبدیل شدن به ال- آرژنین، می‌تواند به افزایش تولید NO کمک کند. NO با افزایش اتساع عروقی، باعث افزایش جریان خون موضعی عضلانی شده و دسترسی سلول‌های بافت عضلانی و سایر بافت‌های فعال به مواد مغذی و دفع مواد زائد و محصولات فرعی سوخت و ساز را افزایش می‌دهد (داسیلوا و دیگران، ۲۰۱۷). در واقع، NO تولید شده در اثر دریافت غذایی ال- آرژنین یا سیتروالین- ملات، به عنوان یک عامل شل‌کننده اندوتلیوم شناخته می‌شود که باعث فعال شدن گوانیلات سیکلاز^۶ می‌شود. فعال شدن گوانوزین به نوبه خود باعث تبدیل شدن گوانوزین تری فسفات به گوانوزین مونوفسفات حلقوی^۷ (cGMP) شده و شل شدن عضلات صاف و کاهش فشار خون سیستولی و دیاستولی را بدنبال دارد (ویلیوی^۸ و دیگران، ۲۰۱۵). در مطالعه‌ای هیون و تایک^۹ (۲۰۰۲) دریافتند که مکمل ال- آرژنین باعث کاهش فشار خون سیستولی و دیاستولی افراد مبتلا به دیابت می‌گردد. با این حال، برخی مطالعات نتایج مبهم یا ناهمسوایی را در مورد تاثیر مکمل سازی ال- آرژنین یا سیتروالین- ملات بر بهبود فشار خون گزارش کرده‌اند. به عنوان مثال، آست^{۱۰} و دیگران (۲۰۱۱) گزارش کرده‌اند که ۶ ماه مکمل سازی ال- آرژنین، تاثیر معنی داری بر فشار خون سیستولی و دیاستولی ندارد. همچنین، پس از انجام یک وهله فعالیت ورزشی نیز کاهش موقت و گذرای فشار خون سیستولی و دیاستولی مشاهده شد. در این راستا، چندین سازوکار برای توضیح کاهش فشار خون پس از یک وهله فعالیت ورزشی ارائه شده است که از آن جمله می‌توان به افزایش جریان خون ناشی از فعالیت ورزشی، افزایش فعالیت گیرنده‌های فشاری واقع در عروق، کاهش فعالیت دستگاه عصبی سمپاتیک، کاهش

پلاسمایی آن به اندازه کافی افزایش یابد)، افزایش پرفیوژن^۱ و خون‌رسانی به عضلات فعال است. افزایش خون‌رسانی به بافت‌های فعال، با افزایش دسترسی به سوسترهای مورد نیاز، به کاهش استرس سوخت و سازی و مکانیکی ناشی از انجام فعالیت ورزشی شدید و در نتیجه، کاهش آسیب و التهاب بافتی می‌انجامد (یاوز^۲ و دیگران، ۲۰۱۴).

با این حال، ناهمسوایی با نتایج مطالعه حاضر، لیو^۳ و دیگران (۲۰۰۹) گزارش کرده‌اند که مکمل سازی ال- آرژنین (دریافت ۶ گرم ال- آرژنین یا دارونما به مدت ۳ روز) تاثیر معنی داری بر عملکرد ورزشی و پاسخ لاکتات متعاقب یک فعالیت ورزشی تناوبی ندارد. این محققان استدلال کردند که احتمالاً تجزیه شدن ال- آرژنین توسط آنزیم آرژیناز^۴ در روده کوچک، مانع افزایش سطوح آرژنین پلاسمای و در نتیجه مانع از اثرگذاری آن می‌شود. با این حال، از آنجا که سیتروالین- ملات اثر بازدارندگی بر آنزیم آرژیناز^۵ دارد، می‌تواند باعث افزایش جذب ال- آرژنین شود؛ تغییری که احتمالاً می‌تواند اثر بیشتر گروه ترکیبی را نسبت به سایر گروه‌ها توجیه کند (لیو و دیگران، ۲۰۰۹). بر خلاف مطالعه حاضر، کانف و دیگران (۲۰۱۶) به بررسی تاثیر مکمل سازی کوتاه مدت سیتروالین- ملات بر عملکرد فعالیت دوچرخه‌سواری با شدت بالا پرداخته و گزارش کرده‌اند که ۱۲ گرم مکمل سازی با سیتروالین- ملات به صورت تک وهله‌ای، تاثیری بر برون ده توانی مردان تمرین کرده ندارد. یکی از دلایل ناهمسوایی این نتایج با مطالعه حاضر، احتمالاً ناشی از میزان آمادگی آزمودنی‌ها است؛ به طوری که سرعت پیشرفت ورزشکارانی که آمادگی پایین‌تری دارند، بیشتر از افراد تمرین کرده است. در کل، با توجه به محدود بودن تحقیقات در مورد اثر مکمل سازی سیتروالین- ملات بر توان هوازی و بی‌هوازی؛ دستیابی به یک نتیجه‌گیری قطعی دشوار بوده و نیاز به تحقیقات بیشتری دارد.

سیتروالین- ملات می‌تواند از طریق پاکسازی نیترژن (آمونیم) در کبد، به کاهش لاکتات تولیدی و افزایش اوره تولیدی بینجامد. افزایش غلظت آمونیم با افزایش گلیکولیز بی‌هوازی و در نتیجه، افزایش اسید لاکتیک و خستگی عضلانی همراه است. از این‌رو، مکمل‌یاری با سیتروالین- ملات می‌تواند با افزایش پاکسازی آمونیاک تولید شده در چرخه اوره، به کاهش تجمع آمونیم و به دنبال آن، کاهش اتکاء به سوخت و ساز بی‌هوازی (به ویژه

1. Perfusion

2. Yavuz

3. Liu

4. Arginase-2

5. da Silva

6. Guanylate cyclase

7. Cyclic guanosine monophosphate (cGMP)

8. Willoughby

9. Huynh & Tayek

10. Ast

بیان ژن و پروتئین گیرنده‌های اندوتلیالی و شاخص‌های مربوط به استرس اکسایشی (مانند مالون دی آلدئید^۴ برای ارزیابی پراکسیداسیون لیپید و بیان سوپراکساید دیسموتاز^۵ در سطح بافتی) برای ارزیابی تأثیر سایر مسیرهای فرودست موثر بر بروز پاسخ‌ها و سازگاری‌های مرتبط با مسیرهای مرتبط با نیتریک اکساید است. دیگر محدودیت‌های مطالعه حاضر عدم امکان اخذ نمونه خونی متعدد برای دوره‌های زمانی طولانی‌تر (به عنوان نمونه در دوره‌های زمانی ۲ ساعته تا ۴۸ ساعت پس از اتمام پروتکل تمرینی و مکمل یاری) بودند؛ که مطالعه بیشتر در این زمینه را ضروری می‌سازند.

نتیجه گیری: به طور کلی، بر اساس نتایج مطالعه حاضر، پیشنهاد می‌شود ورزشکاران رشته‌های سرعتی و توانی با استفاده از مکمل سازی ترکیبی سیترولین-مالات و ال-آرژنین و با ایجاد اثر هم افزایی و تقویت اثرات ارگوژنیک هر یک از این اسیدهای آمینه، از فواید کاهش لاکتات و بهبود عملکرد بهره‌مند شوند. با این حال، به نظر می‌رسد برای دستیابی به یک پروتکل مکمل سازی دقیق و مشخص شدن سازوکارهای دقیق از طریق اندازه‌گیری سایر شاخص‌های مرتبط با NO مانند عامل القاء کننده هیپوکسی-^۶ (HIF-1a) و مسیرهای پیام‌رسانی مانند بیان بسیاری گیرنده‌های اندوتلیالی و nNOS در سطح بافت‌های مختلف از قبیل میوسیت‌های قلبی و عضله اسکلتی؛ به انجام تحقیقات بیشتری نیاز است.

قدردانی و تشکر

مطالعه حاضر حاصل پایان‌نامه دانشجویی کارشناسی ارشد در دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تبریز می‌باشد. از تمام افرادی که در این تحقیق همکاری کرده‌اند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید. به علاوه، منابع مالی این طرح تحقیقاتی توسط نویسندگان و بخشی از آن نیز توسط شرکت دارویی بهین پاد، تأمین شده است.

برون‌ده قلبی ایجاد شده بر اثر کاهش حجم ضربه‌ای و همچنین رهایش مواد متسع کننده عروقی مانند هیستامین و NO؛ اشاره کرد. در این راستا، برخی مطالعات کاهش فشار خون سیستولی بر اثر افزایش NO سرمی پس از مکمل‌های مواد غذایی محرک افزایش NO سرمی یا مواد غذایی دارای NO را گزارش کرده‌اند (وب^۱ و دیگران، ۲۰۰۸؛ وان‌هاتالو^۲ و دیگران، ۲۰۱۰).

علاوه بر این، به تازگی مشخص شده است که در افراد سالم، بین افزایش غلظت NO₂ پلاسمایی بر اثر مکمل یاری سیترولین یا آرژنین و تحمل فعالیت ورزشی، همبستگی قوی وجود دارد (راساف و دیگران، ۲۰۰۷؛ دریباکر و دیگران، ۲۰۱۰). در بسیاری از مطالعات، بهبود کارایی فعالیت ورزشی افراد فعال (مقادیر VO_{2max} این افراد معمولاً بین ۴۵-۵۵ میلی‌لیتر به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در دقیقه است) پس از مکمل‌یاری موادی که غلظت NO سرمی را افزایش می‌دهند، گزارش شده است (بایلی و دیگران، ۲۰۱۰؛ لارسن و دیگران، ۲۰۱۱). با این حال، عدم افزایش تحمل ورزشی^۳ نیز پس از مکمل یاری این‌گونه مواد مغذی گزارش شده است (بسکوش و دیگران، ۲۰۱۱). باید به این نکته توجه داشت که در مقایسه با افراد تمرین کرده تفریحی، افراد تمرین کرده سطح بالا ممکن است برای دستیابی به تغییرات مشابه در غلظت NO₂ پلاسمایی و کارایی فعالیت ورزشی، به مصرف مقادیر بالاتری مکمل ال-آرژنین نیاز داشته باشند. همچنین، این نکته باید خاطر نشان شود که تغییر فشار خون بر اثر مکمل سازی عوامل موثر بر NO یا بر اثر تمرینات ورزشی منظم، عمدتاً در مطالعات انجام شده روی بیماران مبتلا به پرفشار خونی مشاهده شده است و در افراد سالم و ورزشکار، افزایش غلظت NO سرمی به همراه افزایش حساسیت و تعداد گیرنده‌های NO، به بروز یک پاسخ کارآمد حین فعالیت ورزشی و در دوره ریکاوری پس از آن منجر می‌گردد (آست و دیگران، ۲۰۱۱). یکی از محدودیت‌های اصلی مطالعه حاضر عدم امکان بررسی مقدار

1. Webb

2. Vanhatalo

3. Exercise tolerance

4. Malondialdehyde (MDA)

5. Superoxide Dismutase (SOD)

6. Hypoxia-inducible factor 1-alpha

منابع

- Ast, J., Cieslewicz, A. R., Korzeniowska, K., Bogdanski, P., Kazmierczak, E., Olszewski, J., ... & Jabłeczka, A. (2011). Supplementation with L-arginine does not influence arterial blood pressure in healthy people: a randomized, double blind, trial. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 15(12), 1375-1384.
- Bailey, S. J., Blackwell, J. R., Lord, T., Vanhatalo, A., Winyard, P. G., & Jones, A. M. (2015). L-citrulline supplementation improves O₂ uptake kinetics and high-intensity exercise performance in humans. *Journal of Applied Physiology*, 119(4), 385-395.
- Bailey, S. J., Blackwell, J. R., Williams, E., Vanhatalo, A., Wylie, L. J., Winyard, P. G., & Jones, A. M. (2016). Two weeks of watermelon juice supplementation improves nitric oxide bioavailability but not endurance exercise performance in humans. *Nitric Oxide*, 59, 10-20.
- Bailey, S. J., Fulford, J., Vanhatalo, A., Winyard, P. G., Blackwell, J. R., DiMenna, F. J., ... & Jones, A. M. (2010). Dietary nitrate supplementation enhances muscle contractile efficiency during knee-extensor exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 109(1), 135-148.
- Bendahan, D., Mattei, J., Ghattas, B., Confort-Gouny, S., Le Guern, M., & Cozzone, P. (2002). Citrulline/malate promotes aerobic energy production in human exercising muscle. *British Journal of Sports Medicine*, 36(4), 282-289.
- Bescós, R., Rodríguez, F. A., Iglesias, X., Ferrer, M. D., Iborra, E., & Pons, A. (2011). Acute administration of inorganic nitrate reduces VO₂(peak) in endurance athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(10), 1979-1986.
- Bishop, D., Edge, J., Davis, C., & Goodman, C. (2004). Induced metabolic alkalosis affects muscle metabolism and repeated-sprint ability. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(5), 807-813.
- Cunniffe, B., Papageorgiou, M., O'Brien, B., Davies, N. A., Grimble, G. K., & Cardinale, M. (2016). Acute citrulline-malate supplementation and high-intensity cycling performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(9), 2638-2647.
- Cutrufello, P. T., Gadomski, S. J., & Zavorsky, G. S. (2015). The effect of l-citrulline and watermelon juice supplementation on anaerobic and aerobic exercise performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(14), 1459-1466.
- Da Silva, D. K., Jacinto, J. L., De Andrade, W. B., Roveratti, M. C., Estoche, J. M., Balvedi, M. C., ... & Aguiar, A. F. (2017). Citrulline Malate does not improve muscle recovery after resistance exercise in untrained young adult men. *Nutrients*, 9(10), 1132.
- Del Coso, J., Hamouti, N., Aguado-Jimenez, R., & Mora-Rodriguez, R. (2010). Restoration of blood pH between repeated bouts of high-intensity exercise: effects of various active-recovery protocols. *European Journal of Applied Physiology*, 108(3), 523-532.
- Dreißigacker, U., Wendt, M., Wittke, T., Tsikas, D., & Maassen, N. (2010). Positive correlation between plasma nitrite and performance during high-intensive exercise but not oxidative stress in healthy men. *Nitric Oxide*, 23(2), 128-135.
- Figuroa, A., Wong, A., Jaime, S. J., & Gonzales, J. U. (2017). Influence of L-citrulline and watermelon supplementation on vascular function and exercise performance. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 20(1), 92-98.
- Goudarzi, M., & Honari, H. (2009). Designing and developing the strategic system of wrestling in IR Iran improving wrestling in islamic republic of Iran. *World Journal of Sport Sciences*, 2(1), 65-74. [Persian]
- Huynh, N. T., & Tayek, J. A. (2002). Oral arginine reduces systemic blood pressure in type 2 diabetes: its potential role in nitric oxide generation. *Journal of the American College of Nutrition*, 21(5), 422-427.
- Kiyici, F., Eroğlu, H., Kishali, N. F., & Burmaoglu, G. (2017). The effect of citrulline/malate on blood lactate levels in intensive exercise. *Biochemical Genetics*, 55(5-6), 387-394.

Larsen, F. J., Schiffer, T. A., Borniquel, S., Sahlin, K., Ekblom, B., Lundberg, J. O., & Weitzberg, E. (2011). Dietary inorganic nitrate improves mitochondrial efficiency in humans. *Cell Metabolism*, 13(2), 149-159.

Liu, T. H., Wu, C. L., Chiang, C. W., Lo, Y. W., Tseng, H. F., & Chang, C. K. (2009). No effect of short-term arginine supplementation on nitric oxide production, metabolism and performance in intermittent exercise in athletes. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 20(6), 462-468.

Martínez-Sánchez, A., Ramos-Campo, D. J., Fernández-Lobato, B., Rubio-Arias, J. A., Alacid, F., & Aguayo, E. (2017). Biochemical, physiological, and performance response of a functional watermelon juice enriched in L-citrulline during a half-marathon race. *Food & Nutrition Research*, 61(1), 1330098.

Meneguello, M. O., Mendonca, J. R., Lancha Jr, A. H., & Costa Rosa, L. F. B. P. (2003). Effect of arginine, ornithine and citrulline supplementation upon performance and metabolism of trained rats. *Cell Biochemistry and Function*, 21(1), 85-91.

Mirzaei, B., Ghahremani Moghaddam, M., & Alizae Yousef Abadi, H. (2017). Analysis of energy systems in Greco-Roman and freestyle wrestlers who participated in the 2015 and 2016 world championships. *International Journal of Wrestling Science*, 7(1-2), 35-40. [Persian]

Patel, J. J., Miller, K. R., Rosenthal, C., & Rosenthal, M. D. (2016). When is it appropriate to use arginine in critical illness? *Nutrition in Clinical Practice*, 31(4), 438-444.

Pérez-Guisado, J., & Jakeman, P. M. (2010). Citrulline malate enhances athletic anaerobic performance and relieves muscle soreness. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1215-1222.

Rassaf, T., Lauer, T., Heiss, C., Balzer, J., Mangold, S., Leyendecker, T., ... & Kelm, M. (2007). Nitric oxide synthase derived plasma nitrite predicts exercise capacity. *British Journal of Sports Medicine*, 41(10), 669-673.

Robergs, R., Hutchinson, K., Hendee, S., Madden, S., & Siegler, J. (2005). Influence of pre-exercise acidosis and alkalosis on the kinetics of acid-base recovery following intense exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 15(1), 59-74.

Suzuki, T., Morita, M., Kobayashi, Y., & Kamimura, A. (2016). 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*, 13(1), 6.

Takeda, K., Machida, M., Kohara, A., Omi, N., & Takemasa, T. (2011). Effects of citrulline supplementation on fatigue and exercise performance in mice. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 57(3), 246-250.

Vanhatalo, A., Bailey, S. J., Blackwell, J. R., DiMenna, F. J., Pavey, T. G., Wilkerson, D. P., ... & Jones, A. M. (2010). Acute and chronic effects of dietary nitrate supplementation on blood pressure and the physiological responses to moderate-intensity and incremental exercise. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 299(4), R1121-R1131.

Wax, B., Kavazis, A. N., Weldon, K., & Sperlak, J. (2015). Effects of supplemental citrulline malate ingestion during repeated bouts of lower-body exercise in advanced weightlifters. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(3), 786-792.

Webb, A. J., Patel, N., Loukogeorgakis, S., Okorie, M., Aboud, Z., Misra, S., ... & MacAllister, R. (2008). Acute blood pressure lowering, vasoprotective, and antiplatelet properties of dietary nitrate via bioconversion to nitrite. *Hypertension*, 51(3), 784-790.

Willoughby, D. S., Hwang, P., & Willoughby, D. S. (2015). Intracellular mechanistic role of nitric oxide: A comparative analysis of the effectiveness of L-arginine and L-citrulline supplementation on nitric oxide synthesis and subsequent exercise performance in humans. *International Journal of Food and Nutritional Science*, 2(1), 1-8.

Yavuz, H. U., Turnagol, H., & Demirel, A. H. (2014). Pre-exercise arginine supplementation increases time to exhaustion in elite male wrestlers. *Biology of Sport*, 31(3), 187.