JAHSSP
Archive of SID

http://jahssp.azaruniv.ac.ir/
http://dx.doi.org/10.22049/jassp.2019.26551.1259

مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش

سال ششم، شماره اول؛
بهار و تابستان ۱۳۹۸
صفحات ۱۴-۷

مقاله پژوهشی

تاثیر مکمل یاری سیترولین مالات و تمرین تناوبی با شدت بالا بر سطوح سرمی نیتریک اکساید و عملکرد کشتی گیران مرد نخبه

مهرداد مرادی [۱] ، وریا طهماسبی [۲] ، محمد عزیزی [۳]

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۵/۲۵

چکیده

هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر شش هفته تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) و مکمل سیترولین مالات (CM) بر سطوح نیتریک اکساید (NO) و عملکرد ورزشی در کشتی گیران نخبه بود. در یک طرح پیش آزمون-پس آزمون با گروه کنترل دارونما، ۲۸ ورزشکار مرد نخبه کشتی (سن، ۲/۴±۲۱/۹ سال؛ قد، ۳/۸±۱۷۴/۵ سانتی متر) به طور تصادفی به سه گروه CM، دارونما و کنترل تقسیم شدند، هر سه گروه ۶ هفته برنامه HIIT را بر اساس تکنیک‌های کشتی انجام دادند. ترکیب بدن و توان بی هوازی و هوازی آزمودنی¬ها قبل و بعد از ۶ هفته برنامه HIIT اندازه‌گیری شد و نمونه خون وریدی استراحتی قبل و بعد از تمرین نیز گرفته شد. نتایج آماری افزایش NO گروه مکمل+تمرین را در مقایسه با گروه دارونما+تمرین (P=۰/۰۳۳) و تمرین (P=۰/۰۳۰) را نشان داد. شاخص‌های توان بی‌هوازی بالا تنه بین گروه مکمل+ تمرین با گروه تمرین اختلاف معنادار نشان داد (P۰/۰۲۲=) و بین سایر گروه‌ها تفاوت معناداری مشاهده نشد (P۰/۰۵<). همچنین داده¬های ترکیب بدنی در سه گروه به جز در شاخص FFM اختلاف معناداری نشان نداد(P۰/۰۵<). مصرف روزانه CM به همراه شش هفته برنامه HIIT باعث افزایش NO و افزایش توان بی هوازی بالا تنه کشتی گیران نخبه مرد در مقایسه با اجرای برنامه HIIT به تنهایی شد.

واژه‌های کلیدی: برنامه HIIT ، ال- سیترولین، NO ، آزمون وینگیت، ال-آرژنین.

تمامی حقوق این مقاله بازمتن برای دانشگاه شهید مدنی آذربایجان محفوظ است.

با اسکن QR فوق می‌توانید جزئیات مقاله حاضر را در سایت www.jahssp.azaruniv.ac.ir/. مشاهده کنید

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
۲. استادیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران (نویسنده مسئول): Worya2626@gmail.com
۳. استادیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

نحوه ارجاع: مرادی مهرداد ، طهماسبی وریا، عزیزی محمد. تاثیر مکمل یاری سیترولین مالات و تمرین تناوبی با شدت بالا بر سطوح سرمی نیتریک اکساید و عملکرد کشتی گیران مرد نخبه. دو فصلنامه مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش ۱۳۹۸؛ ۶(۱): ۱۴-۷.

www.SID.ir

JAHSSP
Archive of SID

http://jahssp.azaruniv.ac.ir/
http://dx.doi.org/10.22049/jassp.2019.26551.1259

Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology

Volume 6, Number 1
Spring /Summer 2019
7-14

Original Article

The Simultaneous Effect of Citrulline Malate Supplementation and HIIT Exercise Training on Nitric Oxide Serum Levels and Performance in Elite Male Wrestlers

Mehrdad Moradi [1], Worya Tahmasebi [2], Mohamad Azizi[3]

Received 8 March 2019; accepted 16 August 2019

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of six weeks of High intensity interval training (HIIT) program and citrulline malate (CM) supplement on nitric oxide levels and exercise performance in elite wrestlers. In a randomized, placebo-controlled design, 28 elite males' wrestlers (age, 21.9±2.4 y; height 174.5±3.8 cm) were randomly assigned to CM+training, placebo+training and training, while also all groups participating in 6 weeks of HIIT based on wrestling techniques. Participants completed testing sessions for body composition and aerobic and anaerobic tests before and after 6 weeks of HIIT program. Venous blood samples were obtained before and after 6 weeks. Nitric Oxide level after six weeks of HIIT and CM supplementation showed significant increase comparing to placebo+training (P=0.001) and training (P=0.035) groups. There is no significant difference between other groups for NO (P> 0.05). There was a significant difference between upper body anaerobic power (peak power, Mean power and fatigue index) of CM group and placebo group (P=0.22), and there was no significant difference between the other groups (P>0.05). Among all body composition data after six week HIIT just FFM of CM+training group showed significant increase comparing placebo and training group (P<0.05). Daily CM supplementation during six weeks of HIIT training increases serum NO levels and upper body anaerobic power in elite male wrestlers comparing HIIT alone.

Keywords: HIIT program, L-Citrulline, NO, Wingate Test

All rights are reserved for Azarbaijan Shahid Madani University.

Scan this QR code to see the accompanying video, or visit jahssp.azaruniv.ac.ir

1. M.Sc. of Exercise Physiology, Razi University, Kermanshah, Iran.

2. Assistant professor, Exercise physiology, Faculty of Sport Sciences, Razi University, Kermanshah , Iran. Corresponding Author: Worya2626@gmail.com,

3. Assistant professor, Exercise physiology, Faculty of Sport Sciences, Razi University, Kermanshah , Ira

Cite as: Moradi Mehrdad, Tahmasebi Worya, Azizi Mohamad. The Simultaneous Effect of Citrulline Malate Supplementation and HIIT Exercise Training on Nitric Oxide Serum Levels and Performance in Elite Male Wrestlers. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2019; 6(1): 7-14.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

تمرین تناوبی با شدت بالا[۱] (HIIT) در میان ورزشکاران رشته‌های مختلف و حتی عموم و یا افراد دارای آمادگی جسمانی پایین و حتی در شرایط تمرین مختلف توجه زیادی را در میان عموم و بسیاری از محققین به‌خود جلب کرده است (۱, ۲). چون این شیوه تمرینی تارهای عضلانی تند و کند انقباض را درگیر می‌کند بهبود قابل توجهی در قابلیت-های بی‌هوازی و قلبی–ریوی ایجاد می‌شود (۳). برنامه HIIT در ترکیب با برنامه‌های مکمل دهی مختلف از جمله آلژینات سدیم افزایش سطح سرمی پپتید YY و کاهش عوامل خطر سندرم متابولین در مردان دارای سندروم متابولیک را نشان داده است (۴). در این نوع تمرین کنترل بر عوامل ایجاد کننده خستگی محیطی و مرکزی اهمیت بالایی دارد، زیرا محدودیت های تأمین انرژی هوازی و بی هوازی و همچنین تجمع درون عضلانی H^+ و فسفات غیر آلی باعث خستگی محیطی و همچنین قدرت انتقال قشر حرکتی باعث خستگی مرکزی خواهد شد (۵). برای غلبه بر این شرایط مطالعات نشان داده‌است می‌توان با استفاده از برخی مکمل های تغذیه ای با تأخیر انداختن خستگی عملکرد اجرای تمرینات ورزشی و در نهایت قابلیت های ورزشکار را بالا برد(۳, ۶–۸). مصرف آرژنین و سیترولین که هر دو از پیش سازهای نیتریک اکساید (NO) است، موجب بهبود عملکرد در تمرین های HIIT می شود (۳). NO یک مولکول سیگنال دهنده با عملکردهای مختلف است که با ارتقاء اتساع عروقی، موجب افزایش وضعیت اکسیژنانسیون[۲] در عضلات درگیر و بهبود پویایی اکسیژن مصرفی می‌شود (۹).

سیترولین/مالات[۳] (CM) ترکیبی از سیترولین (ماده دخیل در چرخه اوره) و مالات، (ماده واسطه ای چرخه کربس) است (۷). این مکمل معمولاً به عنوان درمان داوریی برخی عفونت‌ها تجویز می‌شود. مطالعات قبلی در انسان و موش نشان داده است که درمان با CM موجب بهبود عملکرد عضلانی افراد مبتلا به بیماری عفونی می‌شود (۷, ۱۰). چندین مطالعه بالینی دو سوکور در مقایسه با مطالعات بالینی با دارونما به طور واضح اثرات ضدالتهابی CM را در شرایط مختلف خستگی نشان دادند (۱۱). همچنین CM نشان داده به عنوان آمینو اسید غیر ضروری و مکمل تغذیه‌ای می‌تواند اجرای فعالیت‌های هوازی و بی هوازی را بالا ببرد. این فرآیند به نظر می‌رسد از طریق بهبود مکانیسم‌های متابولیسم آمونیاک، آرژنین و اسید لاکتیک ایجاد می‌شود، که در نهایت تولید ATP را افزایش می‌دهد (۱۲–۱۴). به نظر می‌رسد افزایش سطح سیترولین در عضلات از تجمع آمونیاک جلوگیری کرده، به‌عنوان بافر در مقابل افزایش اسید لاکتیک عمل کند، ریکاوری بعد از فعالیت بدنی و ورزش را بهبود بخشد، خستگی را کمتر کرده و در نهایت کوفتگی تأخیری پس از تمرین را کاهش دهد (۱۵, ۱۶). مطالعات تاکیدا و همکاران (۲۰۱۱) و مارتینز و همکاران (۲۰۱۷) نشان داده است که مکمل CM باعث افزایش سطوح خونی آرژنین می‌شود که همزمان می‌تواند به عنوان بافر اسید لاکتیک عمل کند و همچنین اتساع دهنده عروقی از طریق سنتز NO باشد (۱۷, ۱۸).

به‌دلیل ویژگی‌های کاربردی CM امروزه استفاده از این مکمل در میان ورزشکارن افزایش یافته است؛ اما نتایج در این زمینه متناقض است. پرز و همکاران (۲۰۱۰) و همچنین گلین و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند دوز های ۶–۸ گرم CM عملکرد افراد در تمرینات مقاومتی را ارتقاء داده (۸, ۱۹) و علاوه بر این تولید هوازی انرژی نیز در اثر مصرف این مکمل بهبود نشان داده است (۲۰). به همین دلیل به نظر می‌رسد مصرف این مکمل در فعالیت‌های ورزشی که ترکیبی از توانایی هوازی و بی هوازی اهمیت دارد، مانند تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) مهم است.

ورزش کشتی به عنوان رشته ورزشی که در آن انقباضات عضلانی نیرومند در طی مورد نیاز است و همچنین توان بی هوازی بالا تنه ورزشکار در موفقیت رقابتی اهمیت بالایی دارد (۲۱)، یافتن راهکارهای تمرینی و تغذیه‌ای برای ارتقاء این قابلیت طرفداران فراوانی دارد. برخی محققان از مکمل‌های کراتین در کشتی گیران برای افزایش عملکرد استفاده کرده اند، اما نتایج آنها نشان داد استفاده کوتاه مدت از مکمل کراتین هیچ گونه اثری بر توان اوج و میانگین کشتی گیران تمرین کرده نداشت و علاوه بر آن بر شاخص‌های خستگی به نسبت گروه دارونما تفاوتی ایجاد نکرد (۲۲). از این رو به نظر می رسد مکمل‌های تغذیه‌ای دیگری برای این رشته ورزشی مورد نیاز باشد. تحقیق امیر ساسان و همکاران (۲۰۱۸) در یک دوره مکمل دهی یک هفته ای CM و ال–آرژنین بر هورمون رشد نشان داد CM در مقایسه با ال–آرژنین باعث افزایش بیشتر هورمون رشد و کاهش بیشتر گلوکز خون در پاسخ به فعالیت در مردان کشتی گیر می شود (۲۳) که این خود نشان دهنده اهمیت مکمل دهی CM می‌باشد. علاوه بر این با توجه به تغییرات روز افزون در قوانین کشتی و زمان‌های رقابت همیشه ورزشکاران در این رشته ورزشی بایستی سطوح بالایی از آمادگی بی هوازی، توان بالا و حتی آمادگی هوازی را دارا باشند. بنابراین برنامه HIIT در این رشته ورزشی مورد نیاز است و می‌توان در کنار آن از مکمل‌های همچون CM استفاده کرد. با توجه به مطالعات اندک در زمینه برنامه HIIT بر پایه حرکات کشتی و استفاده همزمان از مکمل-های مانند CM در ورزشکاران این رشته ورزشی ضرورت انجام تحقیق حاضر پر واضح است. به همین دلیل در تحقیق حاضر فرض بر این است که تمرین HIIT همراه با مکمل دهی CM در برنامه تمرینی کشتی گیران می‌تواند موجب ارتقاء بیشتر عملکرد و همچنین افزایش سطوح NO خون شود.

مواد و روش‌ها

آزمودنی ها

آزمودنی‌ها شامل ۲۸ مرد کشتی گیر (سن، ۲/۴±۲۱/۹ سال؛ قد، ۳/۸±۱۷۴/۵ سانتی متر) دارای سابقه کشتی ۳–۶ سال و مقام های شهرستانی و استانی در رده‌های نوجوانان و جوانان بودند که در برنامه تمرینی (به طور متوسط سه روز هفته) به طور منظم شرکت داشتند، از طریق پاسخ به اطلاعیه و به‌طور داوطلبانه در این تحقیق شرکت کردند. آزمودنی‌ها براساس نرم افزارهای تصادفی سازی تحت وب به روش تصادفی ساده به ۳ گروه (گروه مکمل+ تمرین، گروه دارونما + تمرین، گروه تمرین) تقسیم شدند (جدول ۱). حجم نمونه برای اطلاعات این تحقیق تقریباً ۱۰ نمونه در هر گروه بر اساس تحقیقات قبلی و با استفاده از فرمول محاسبه آزمودنی‌ها مشخص شد، لازم به ذکر است یک نفر از آزمودنی‌های گروه تمرین و دارونما+تمرین قادر به اتمام برنامه تمرینی نبودند، لذا حجم همه گروه‌ها به ۲۸ نفر کاهش یافت. معیارهای خروج از مطالعه عبارت بودند از: عدم حضور بیش از دو جلسه در تمرین، بروز هرگونه عارضه جانبی در طی مدت‌زمان مداخله، شرکت در برنامه ورزشی غیر از برنامه ورزشی مطالعه حاضر و عدم تمایل فرد به ادامه تمرین. تمام آزمودنی‌ها ابتدا پرسش‌نامه مرتبط با سلامت را تکمیل کردند. همچنین قبل از شروع پژوهش از تمام آزمودنی‌ها خواسته شد که رضایت‌نامه کتبی را تکمیل کنند. پروتکل تمرین توسط کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه با کد اخلاق (IR.KUMS.REC.1398.443) تأیید شد. از کلیه آزمودنی‌ها درخواست شد در زمان تمرین از فعالیت‌های بدنی و ورزشی دیگر خودداری کنند، هیچ گونه مکمل، دارو مصرف کنند و نیز از مصرف سیگار و دخانیات خودداری کنند.

طرح تحقیق

این پژوهش بر اساس یک طرح نیمه تجربی بر اساس مدل پیش‌آزمون – پس‌آزمون و گروه کنترل بود. آزمودنی به‌صورت تصادفی به ۳ گروه تمرین+ مکمل (۱۰ نفر)، تمرین+ دارونما (۹ نفر) و تمرین (۹ نفر) تقسیم شدند. تمام آزمودنی ها قبل از شروع تمرین در جلسه آشناسازی برای معرفی و نحوه اجرای برنامه HIIT شرکت کردند و ضربان قلب مناسب شدت تمرینی و نحوه اندازه گیری آن جهت کنترل شدت

۱. High Intensity Interval Training.
۲. Oxygenation
۳. Citrulline/malate

www.SID.ir

Archive of SID

آموزش داده شد. سپس آزمودنی های هر سه گروه به مدت شش هفته سه جلسه در هفته برنامه HIIT را انجام دادند. اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریک، آزمون‌های عملکردی در طی جلسه دوم آشنا سازی آزمودنی‌ها اندازه گیری شد. قبل و بعد از تمرین از تمام آزمودنی ها نمونه گیری خونی جهت اندازه گیری NO سرم گرفته شد. تمام آزمودنی‌ها همچنین فرم یاد آمد غذایی سه روزه قبل و بعد از برنامه تمرینی تکمیل کردند و از آنها درخواست شد در طی تحقیق و بخصوص روزهای خون گیری برنامه و رژیم غذایی همیشگی خود را داشته باشند.

اندازه گیری آنتروپومتریک و آزمون های عملکردی

قد آزمودنی‌ها با قد سنج و ترازوی مدل سکا با حساسیت ۰/۵ سانتی‌متر بدون کفش و همچنین وزن آزمودنی‌ها با استفاده از ترازوی سکا با حساسیت ۱۰۰گرم اندازه‌گیری شد. درصد چربی و شاخص های ترکیب بدن با دستگاه آنالیز ترکیب بدن (Body composition Analyzer, Model: ZEUS 9.9 PLUS) ساخت کشور کره جنوبی اندازه گیری شد.

آمادگی قلبی–عروقی با استفاده از آزمون میدانی ۱۲ دقیقه‌ای کوپر اندازه-گیری شد (۲۴). آزمودنی‌ها برای انجام آزمون ۱۲ دقیقه‌ای کوپر قبل و بعد از شش هفته به‌صورت میدانی این آزمون را انجام دادند و مسافت طی شده در زمان اتمام ۱۲ دقیقه آزمون کوپر، برای هرکدام از آزمودنی‌ها به‌صورت جداگانه در قبل و بعد از شش هفته ثبت شد. آمادگی بی هوازی وینگیت بالا تنه و پایین تنه برای همه آزمودنی ها با استفاده از آزمون وینگیت ۳۰ ثانیه اجرا شد، که برای بالا تنه دست ها و برای پایین تنه پاها مورد آزمون قرار گرفتند. پس از ۵ دقیقه گرم کردن عمومی و انجام حرکات کششی برای بالا تنه و پایین تنه به ترتیب مقاومتی برابر ۴/۵ و ۷/۵ درصد وزن بدن اعمال شد. حداکثر برون ده توان (PP) و میانگین توان (MP) توسط نرم افزار وینگیت ثبت شد و همچنین شاخص خستگی[۱] (FI) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد. آزمون های وینگیت با استفاده از دو مدل دوچرخه مونارک (و ۸۹۱E، ساخت سوئد) مخصوص بالا تنه (مدل ۸۹۴E، ساخت سوئد) و پایین تنه (مدل ۸۹۱E، ساخت سوئد) انجام شد.

$$\textbf{FI}= \text{فرمول محاسبه } \frac{PP-LP}{PP} \times 100$$

بالاترین توان بی هوازی ۵ ثانیه=PP

کمترین توان بی هوازی ۵ ثانیه=LP

برنامه مکمل دهی

پس از تقسیم افراد به صورت تصادفی در سه گروه در طی ۶ هفته پروتکل تحقیق به صورت یک سویه کور آزمودنی‌ها گروه‌های (گروه مکمل+ تمرین) روزانه ۲ گرم پودر CM با حل کردن آن در ۲۰۰ میلی لیتر آب مصرف می‌کردند (۹). درحالی‌که گروه دارونما ۲ گرم سلولز را مشابه گروه مکمل مصرف کرد و گروه تمرین فقط تمرین عادی خود را داشت. زمان مصرف مکمل و دارونما همراه با وعده غذایی نهار بود. CM با نام تجاری Kyowa Hakko Bio Co., Ltd. ساخت ژاپن تهیه شد. سه روز قبل از شروع برنامه مکمل‌دهی و اندازه گیری های اولیه و نمونه گیری خونی یادآمد غذایی سه روزه از آزمودنی‌های سه گروه گرفته شد و از تمام آنها درخواست شد در سه روز منتهی به اتمام برنامه HIIT و اندازه گیری‌های بعد از آن همین برنامه غذایی را رعایت کنند.

برنامه تمرین

هر سه گروه برنامه ۶ هفته‌ای HIIT که شامل ۳ جلسه تمرین در هفته بود را اجرا نمودند. هر جلسه با ۱۰ الی ۱۵ دقیقه گرم کردن که شامل دویدن آرام و حرکات کششی بود، شروع می شد. آزمودنی‌ها پس از گرم کردن ۲۰ دقیقه تمرین معمول کشتی خود و ۲۰–۲۵ دقیق برنامه HIIT (هشت تکنیک کشتی) انجام دادند و در انتها ۱۰ دقیقه سرد کردن داشتند (۲۵). برنامه HIIT شامل دو وهله تمرین که هر وهله ۳ نوبت ۲ دقیقه ای تمرین تناوبی شدید با شدت ۸۰–۹۰ درصد حداکثر ضربان قلب بود. هفته ۱–۲ شامل دو وهله بود و هر دو هفته یک‌بار یک وهله به تعداد ست‌های تمرین اضافه شد. به نحوی که در هفته مدت زمان برنامه HIIT به این صورت بود: هفته ۱–۲ (۲۲ دقیقه)، هفته ۳–۴(۳۳ دقیقه) و هفته ۵–۶(۴۴ دقیقه). فواصل استراحتی به ترتیب برابر ۱۲۰ الی ۱۸۰ ثانیه بین نوبت‌ها و وهله‌های تمرین بود (۲۵). تکنیک‌های کشتی که برای برنامه HIIT مورد استفاده قرار گرفت شامل: زیر یک‌خم، کول‌انداز ،زیر دو خم، فن کمر، زیر یک‌خم در گارد مخالف، تُندَر ، درخت‌کَن و پیچ پیچک بود، که با فاصله ۵–۶ متری از هم اجرا می کردند. هر آزمودنی بایستی اولین تکنیک را کامل کند و به سرعت به اجرای هفت تکنیک دیگر بپردازد (۲۶). این کار تا پایان زمان هر نوبت اجرا می‌شد. فواصل استراحتی بین وهله‌ها به‌صورت استراحت فعال (راه رفتن) بود. آزمودنی‌ها در طی فواصل استراحتی و در صورت نیاز مجاز به رفع تشنگی خود بودند. برای تعیین شدت تمرین از ضربان قلب حداکثر (سن – ۲۲۰) استفاده شد و در تمام مراحل اجرای HIIT شدت تمرین بین ۸۰ تا ۹۰ درصد ضربان قلب حداکثر بود که برای هر آزمودنی به‌صورت جداگانه محاسبه شد. جهت کنترل ضربان قلب از بلت پولار و ساعت مچی همراه آن استفاده شد.

نمونه گیری خون و اندازه گیری NO

نمونه گیری خونی در دو مرحله از آزمودنی‌ها گرفته شد. مرحله اول قبل از شروع تمرین‌ها و مرحله دوم ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین بود. بدین شکل که ۵ میلی‌لیتر خون بعد از ۱۲ ساعت ناشتایی و شرایط یکسان (ساعت هشت تا ۱۰ صبح، دمای ۲۶ درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت ۵۰ درصد) از ورید بازویی گرفته شد. پس از جمع‌آوری نمونه‌ها در مرحلهٔ پس‌آزمون جهت سنجش میزان NO از کیت زلبایو[۲] ساخت آلمان به روش الایزا (با میزان حساسیت 1µm و دامنه ۳–۱۰۰ µm) ساندویچی استفاده شد.

روش آماری

تجزیه و تحلیل داده‌های گردآوری شده با استفاده از روش‌های آمار توصیفی انجام شد. جهت تعیین نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شپیرو ویلک و برای تعیین اثر تمرین از آزمون تحلیل واریانس مکرر با عامل بین گروهی استفاده شد. برای تعیین محل تفاوت‌های بین گروهی، تغییرات قبل و بعد محاسبه و پس از اجرای آزمون تحلیل واریانس یک سویه از آزمون تعقیبی بونفرونی جهت تعیین محل تفاوت‌ها استفاده شد. همچنین برای بررسی تفاوت درون گروهی (پیش آزمون–پس‌آزمون) از آزمون t وابسته استفاده شد. سطح معناداری در تمام تجزیه و تحلیل-های آماری ($p<۰/۰۵$) و با استفاده از نرم افزار SPSS22 انجام شد.

نتایج

داده‌های آنتروپومتریکی و ترکیب بدنی در قبل و بعد از هشت هفته برنامه HIIT آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. هیچ گونه تفاوت معناداری در وزن، درصد چربی و سایر داده‌های اندازه گیری شده و آزمون‌های اولیه داده‌های سه گروه مشاهده نشد. همچنین داده‌های آزمون‌های عملکردی از قبیل آزمون کوپر، آزمون وینگیت بالا تنه و پایین تنه در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج آماری نشان داد که وزن، BMI و درصد چربی در سه گروه مورد مطالعه تغییر معناداری نشان نداد($P>۰/۰۵$). اما توده بدون چربی (FFM) گروه مکمل+تمرین ($F_{۲,۲۵}=۳/۴۳,P=۰/۰۴۸$) در مقایسه با دیگر گروه‌ها افزای معناداری نشان داد. با مراجعه با آزمون تعقیبی بونفرونی مشخص شد که تغییرات گروه مکمل+تمرین نسبت به گروه دارونما+تمرین معنادار بوده است ($P=۰/۰۴۵$).

نتایج آزمون کوپر نشان داد که علی رغم افزایش مسافت طی شده سه گروه، آنها اختلاف معناداری در پس آزمون با یکدیگر ندارد ($F_{۲,۲۵}=۱/۷۸,P=۰/۱۸۹$).

[۱]. Fatigue Index

[۲]. Zellbio

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج آزمون بی‌هوازی وینگیت در گروه مکمل+تمرین برای بالا تنه افزایش معنادار اوج توان (PP) ($F_{۲,۲۵}$=۱۴/۲, P<۰/۰۰۱) و میانگین توان (MP) (۰/۰۰۱ , $F_{۲,۲۵}$=۱۵/۳P<) را نشان داد. PP بالاتنه گروه مکمل+ تمرین نسبت به گروه دارونما+تمرین (P=۰/۰۰۲) و تمرین (P=۰/۰۰۱) افزایش بیشتری نشان داد. همچنین MP بالاتنه گروه مکمل+تمرین نسبت به گروه دارونما+تمرین (P=۰/۰۰۸) و تمرین (P=۰/۰۰۳) افزایش بیشتری نشان داد. نتایج شاخص خستگی (FI) آزمون وینگیت بالاتنه سه گروه نیز پس از شش هفته برنامه HIIT در سه گروه اختلاف معناداری را نشان داد ($F_{۲,۲۵}$=۹/۵۷,P<۰/۰۰۱). در حالی‌که FI بالاتنه گروه مکمل+ تمرین تنها نسبت به گروه تمرین (P=۰/۰۰۱) کاهش بیشتری نشان داد.

اما داده‌های وینگیت برای پایین تنه در سه گروه برای PP ($F_{۲,۲۵}$=۲/۵۵,P=۰/۰۹۸)، MP ($F_{۲,۲۵}$=۱/۱۵,P=۰/۳۳۲) و FI ($F_{۲,۲۵}$=۱/۱۸,P=۰/۳۲۵) تفاوت معناداری نشان نداد.

نتایج تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر برای داده های NO نشان داد سطوح سرمی NO در سه گروه اختلاف معناداری نشان داد ($F_{۲,۲۵}$=۵/۲۱,P=۰/۰۱۳). با مراجعه به آزمون تعقیبی بونفرونی مشخص شد که داده‌های NO گروه تمرین+مکمل نسبت به دو گروه تمرین+دارونما (P=۰/۰۳۳) و تمرین (P=۰/۰۳۰) افزایش معناداری در سطوح سرمی NO نشان داد.

جدول ۱: داده‌های وزن، BMI، توده بدون چربی و چربی بدن قبل و بعد از شش هفته برنامه HIIT سه گروه تمرین و مکمل، تمرین و دارونما و تمرین

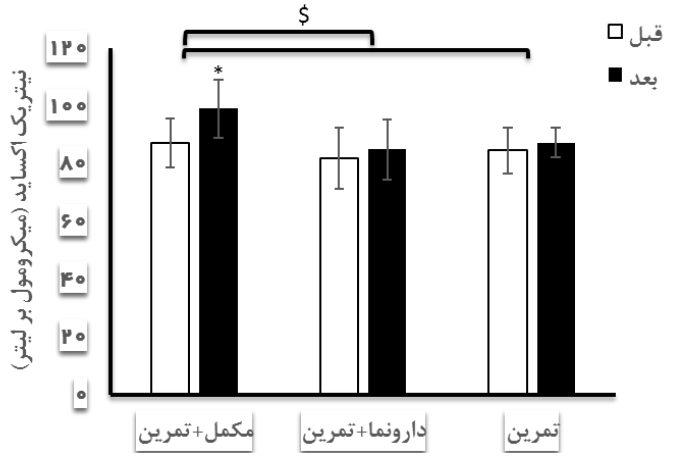
گروه / متغیر	تمرین و مکمل		تمرین و دارونما		تمرین	
	قبل	بعد	قبل	بعد	قبل	بعد
وزن (kg)	۷۴/۹±۴/۷	۷۶/۵±۴/۳*	۷۳/۴±۴/۴	۷۳/۵±۴/۹	۷۷/۳±۵/۷	۷۸/۳±۶/۱
BMI (kg/m^2)	۲۴/۶±۰/۵	۲۵/۱±۰/۶*	۲۳/۸±۱/۲	۲۳/۷±۱/۸	۲۵/۷±۱/۸	۲۶/۱±۱/۹
توده بدون چربی (kg)	۶۵/۷±۴/۵	۶۸/۸±۳/۹$*	۶۳/۲±۳/۵	۶۳/۸±۴/۲	۷۱/۵±۵/۶	۷۲/۷±۵/۷*
چربی بدن (درصد)	۱۲/۲±۲/۳	۱۱/۱±۱/۶*	۱۳/۷±۱/۸	۱۳/۲±۱/۴	۱۲/۷±۱/۳	۱۱/۳±۱/۳*

مقادیر به صورت میانگین±انحراف استاندارد ارائه شده است. * P<0/05 نشانگر تفاوت درون گروهی قبل و بعد از شش هفته تمرین. $ * P<0/05 نشانگر تفاوت بین گروهی قبل و بعد از شش هفته تمرین.

جدول ۲: داده های آزمون‌های عملکردی کوپر، وینگیت بالا تنه و پایین تنه آزمودنی ها در سه گروه تمرین و مکمل، تمرین و دارونما و تمرین

گروه / متغیر	تمرین و مکمل		تمرین و دارونما		تمرین	
	قبل	بعد	قبل	بعد	قبل	بعد
آزمون کوپر (متر)	۲۷۴۴/۸±۹۷/۹	۲۸۸۱/۲۵±۸۸/۴*	۲۵۲۷/۵۰±۱۰۰/۲	۲۶۹۳/۷۵±۸۵/۸	۲۵۴۶/۱۴±۹۱/۱	۲۷۰۵/۲۲±۱۲۰/۹*
میانگین توان بالا تنه (وات)	۴۹۰/۲±۸۴/۶	۵۵۰/۹±۶۷/۸$*	۴۵۶/۵±۶۴/۹	۴۸۸/۸±۵۴/۱	۴۶۲/۴±۶۰/۶	۴۷۲/۶±۴۳/۹*
اوج توان بالا تنه (وات)	۶۴۳/۱±۳۶/۹	۶۹۳/۹±۳۵/۱$*	۶۶۰/۸±۶۹/۹	۶۸۳/۴±۵۳/۲	۶۴۹/۲±۴۹/۸	۶۶۰/۶±۳۹/۳*
میانگین توان پایین تنه (وات)	۵۴۰/۵±۳۲/۸	۵۸۷/۸±۵۳/۷*	۵۵۲/۷±۶۳/۹	۵۷۸/۳±۵۰/۹*	۵۵۱/۲±۴۹/۹	۵۷۴/۴±۴۸/۱*
اوج توان پایین تنه (وات)	۷۶۸/۱±۳۲/۷	۸۱۰/۹±۳۵/۷*	۷۸۷/۸±۶۳/۹	۸۰۴/۹±۵۶/۱	۷۸۶/۵±۴۹/۹	۸۰۷/۶±۳۹/۸*
شاخص خستگی بالا تنه ٪	۶۲/۹±۱۱/۲	۵۹/۵±۹/۴$*	۶۳/۹±۶/۲	۶۱/۶±۴/۳*	۶۱/۳±۵/۵	۶۱/۶±۵/۲
شاخص خستگی پایین تنه ٪	۷۱/۴±۱/۴	۶۶/۶±۵/۱*	۷۶/۱±۲/۵	۷۳/۳±۲/۱*	۷۵/۱±۱/۹	۷۳/۹±۲/۸*

مقادیر به صورت میانگین±انحراف استاندارد ارائه شده است. * P<0/05 نشانگر تفاوت درون گروهی قبل و بعد از شش هفته تمرین. $ * P<0/05 نشانگر تفاوت بین گروهی قبل و بعد از شش هفته تمرین.



نمودار ۲: میانگین ± انحراف معیار داده های نیتریک اکساید در سه گروه تحقیق. * نشانگر تفاوت معنادار تغییرات درون گروهی . $ نشانگر تفاوت معنادار تغییرات بین گروهی مکمل + تمرین با گروه دارونما+ تمرین و تمرین.

www.SID.ir

Archive of SID

بحث و نتیجه گیری

هدف از پژوهش حاضر بررسی همزمان مکمل یاری روزانه CM همراه با برنامه HIIT بر سطوح سرمی NO ، توان بی هوازی و آمادگی هوازی کشتی گیران بود. نتایج تحقیق حاضر برای اولین بار نشان داد که تمرین تناوبی شدید برپایه مهارت‌های کشتی همراه با مکمل دهی CM می تواند به طور قابل توجهی موجب افزایش NO سرمی کشتی گیران نخبه شود. علاوه بر این برخی شاخص‌های عملکرد بی هوازی از قبیل اوج توان و میانگین توان بی هوازی و شاخص خستگی در آزمون وینگیت بالاتنه در گروه مکمل و برنامه HIIT نسبت به دیگر گروه‌ها بهبودی بیشتری نشان داد. اما آمادگی هوازی علی رغم بهبود در همه گروه‌ها پس از تمرین‌های HIIT بر پایه تکنیک‌های کشتی تفاوت معناداری نشان نداد. در رابطه با شاخص‌های آنتروپومتریک وزن و درصد چربی علارغم بهبود آنها در سه گروه تفاوت معناداری در بین گروه‌ها مشاهده نشد، اما FFM گروه مکمل و تمرین به نسبت سایر گروه های تمرینی افزایش (۱۱ درصد) معناداری نشان داد.

نتایج تحقیقات قبلی در رابطه با اثر مصرف دوزهای حاد ۸ گرم در روز CM بر عملکرد عضلانی حاکی از نقش های این مکمل در ارتقاء عملکرد می‌باشد و این امکان وجود دارد که مصرف طولانی تر آن بتواند به عنوان یک مکمل ارگوژنیک تأثیر گذار در نظر گرفته شود(۹). در مطالعه‌ای موردی مصرف ۷ روز CM با دوز روزانه ۶ گرم موجب افزایش سطوح پلاسمای سیترولین، آرژنین و سطح نیترات، بهبود پویایی اکسیژن مصرفی[۱] در پاسخ به شدت های فعالیت بدنی متوسط می‌شود (۲۷). سوزوکی و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند مصرف ۷ روز CM با دوز ۲/۴ گرم در روز به طور معناداری عملکرد زمان رکاب زنی را بهبود می بخشد (۲۸). با این حال ۱۶ روز مصرف CM با دوز ۳/۴ گرم در روز با وجود افزایش سطوح پلاسمایی سیترولین، آرژنین و نیترات پلاسمایی اثرات فوق العاده‌ای بر زمان رسیدن به واماندگی در طی تمرین‌های شدت بالا نشان نداد که این عدم تأثیر گذاری به دوز پایین CM مصرفی و یا کم بودن مدت زمان آن در این مطالعه ارتباط داده شده است (۲۹). مکانیسم های احتمالی در این زمینه با توجه به نقش های اثبات شده CM تحت تأثیر عوامل بسیاری است، چرا که ال–سیترولین پیش ساز اولیه انرژی‌زای از ال–آرژینین که در واقع سوبسترای برای سنتز NO است و NO به تنهایی می تواند عملکرد ورزشی را بهبود ببخشد و سبب متعادل کردن جریان خون، سیستم تامین انرژی عضله و تنفس میتوکندریایی در حین فعالیت ورزشی می‌شود (۳۰). مکمل‌دهی نیترات رژیم غذایی می‌تواند نشانگرهای NO را افزایش، فشارخون را کاهش دهد و سبب بهبود در عملکرد ورزشی و تحمل فعالیت ورزشی در بزرگسالان سالم شود (۳۰)، که این نشان دهنده اهمیت استفاده از مکمل‌های حاوی CM در افزایش میزان ال– آرژینین پلاسما بهبود عملکرد اندوتلیال می باشد. زیرا افزایش سطوح NO و متعاقب آن سگنالینگ آن می تواند با اثر بر قسمت داخلی عروق در ریلکس شدن عضله صاف نقش داشته باشد که در نهایت با گشاد شدن عروق و افزایش جریان خون موجب بهبود عملکرد ورزشی شود (۳۰). براساس نتایج برناردو و همکاران (۲۰۱۸) مصرف حاد آب چغندر که حاوی مقادیر بالایی نیتریک اکساید است نتوانست عملکرد ورزشی ورزشکاران حرفه ای را حین اجرای تمرین تناوبی با شدت بالا بهبود بخشد (۳۱). در مطالعه مروری بسکوس و همکاران (۲۰۱۲) در رابطه با مکمل های مرتبط با NO و تأثیر آن بر عملکرد بدن تأکید شده است همزمان ال–سیترولین و مالات، نسبت به خوردن ال–سیترولین به تنهایی، تأثیر بیشتری در افزایش NO خون دارد، اما این افزایش در NO لزوماً با افزایش عملکرد ورزشکاران ارتباط ندارد (۳۰). در مجموع بیشتر مطالعات نشان می‌دهد که مکمل‌دهی روزانه نیترات و CM در رژیم غذایی می‌تواند نشانگرهای NO را افزایش، فشارخون را کاهش دهد و سبب بهبود در عملکرد ورزشی و تحمل فعالیت ورزشی در بزرگسالان سالم شود (۹, ۲۷, ۳۲). موارد ذکر شده تا حدود زیادی با نتایج تحقیق حاضر همسو است.

تغییرات وزن، BMI و توده بدون چربی آزمودنی‌های سه گروه پس از برنامه تمرین تغییرات مشابهی نشان داد. ولی تفاوت معناداری بین سه گروه مشاهده نشد. برنامه HIIT عمدتاً در زمان‌های تمرین اصلی سیستم های انرژی فسفاژن و گلیکولیز بی هوازی را درگیر می‌کند و در دوره های بازگشت به حالت اولیه بین وهله های تمرین سیستم هوازی سازگاری در راستای تحویل یا مصرف بیشتر اکسیژن و همچنین افزایش آنژیوژنز خواهد داشت (۲۵). در این بین مصرف CM که نقش آن در افزایش NO جریان خون اثبات شده است می‌تواند با افزایش اتساع عروقی، افزایش جریان خون به عضلات و افزایش اکسیژن رسانی روند این سازگاری ها را تسریع و یا بیشتر کند (۳۳, ۳۴). بر اساس مطالعات قلبی در این زمینه تمرین مقاومتی و مصرف مکمل سیترولین افزایش توده بدون چربی را نشان داده است، که دلیل آن افزایش سنتز پروتئین گزارش شده و احتمال داده شده است که قسمتی از این سنتز پروتئین افزایش یافته می تواند ناشی از افزایش تحریک شده–NO در گوانوزین مونو فسفات حلقوی (cGMP) باشد (۹). هرچند اطلاعات و تحقیقات در این زمینه بسیار اندک است و تاکنون این موضوع به‌خوبی اثبات نشده است، اما در مطالعه مک کینلی و همکاران (۲۰۱۵) نشان داده شد که در پاسخ به یک وهله فعالیت حاد مقاومتی متابولیت های NO، نیترات و نیترید و حتی cGMP همگام مصرف سیترولین و گلوتاتیون ۳۰ دقیقه پس از فعالیت نیز همچنان به طور معناداری بالا بودند (۳۵) و در رابطه با بالا بودن ترشح NO ناشی از مصرف CM در پاسخ های حاد و مزمن به ورزش می توان به نقش NO در متابولیسم پروتئین عضله و عملکرد احتمالی عضلات در پاسخ به تمرین مقاومتی یا برنامه HIIT اشاره کرد (۹, ۱۱). زیرا فعالیت NO برای فعال سازی مسیر سیگنالینگ Akt (درگیر در واکنش های آبشاری ترجمان و سنتز پروتئین) وابسته به کلسیم ضروری می باشد. NO به نظر می رسد سیگنال دهی Akt را از طریق مسیر cGMP/PI3k تحت تأثیر قرار داده است که یکی از مسیرهای اصلی برای بیش تنظیمی ترجمان ژنی و پروتئین سازی ضروری است (۳۶). به طور مشابه NO می تواند عملکرد عضلانی بدن را با تأثیر بر جفت شدن تحریک–انقباض، عملکرد فیبر عضلانی، نفوذپذیری و متابولیسم عضله تحت تأثیر قرار دهد (۳۲, ۳۷). از این رو می توان بخشی از ارتقاء عملکرد بیشتر آزمون های گروه مکمل+تمرین را در آزمون های بی هوازی وینگیت بالا تنه به افزایش بیشتر NO در این گروه نسبت داد. زیرا در مطالعه شفیلدمور و همکاران (۲۰۱۳) نشان داده شد مسدود سازی مسیرهای سرکوب NO-cGMP می تواند موجب افزایش سنتز پروتئین و کاهش خستگی در عضلات اسکلتی انسان شود (۳۸). در مطالعه مکینلی و همکاران (۲۰۱۵) که بهبودی فعالیت cGMP در اثر مصرف سیترولین و گلوتاتیون مشاهده شد، باز هم مؤید نقش مؤثر سیترولین در افزایش NO و در نهایت افزایش سنتز پروتئین و عملکرد عضلانی است و احتمالاً هنگام مصرف طولانی مدت این تأثیر بیشتر و ماندگاتر باشد (۹, ۳۵). هرچند با توجه به تحقیقات اندک در این زمینه هنوز نمی توان با قاطعیت در این زمینه اظهار نظر کرد. توصیه می شود در تحقیقات آتی دوزهای مختلف و همچنین طولانی تر این مکمل همراه و بدون تمرین ورزشی مورد بررسی قرار گیرد و کنترل بیشتری بر رژیم غذایی ورزشکاران اعمال شود و پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی اثرات مکمل دهی CM در ترکیب با شیوه های مختلف تمرین کشتی و در حین رقابت های کشتی بر عملکرد ورزشی و نیز عوامل التهابی و شاخص‌های استرس اکسیداتیو انجام شود.

۱. O2 kinetics

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه گیری

بر اساس نتایج حاضر، مصرف همزمان مکمل یاری CM و ۶ هفته برنامه HIIT بر پایه تکنیک های کشتی توانسته است میزان سطوح سرمی NO کشتی گیران نخبه را افزایش دهد. همچنین عملکرد بی هوازی بخصوص آمادگی بی هوازی بالاتنه پس از برنامه HIIT بهبود قابل توجهی داشته که این موضوع در ورزش کشتی اهمیت بالایی دارد. نتایج این تحقیق از این نظر که مصرف CM در برنامه تمرین کشتی گیران می‌تواند نقش کمکی قابل توجهی داشته باشد تا حدود زیادی حمایت می نماید.

تشکر و قدردانی

در پایان از تمامی آزمودنی‌ها و همکاران محترمی که در این تحقیق شرکت و همکاری نمودند کمال تشکر را می نماییم.

تعارض منافع

از نظر تعارض منافع، هیچ گونه تعارض منافعی توسط محقق، مشارکت کنندگان گزارش نشده است

منابع

1. Franchini E, Cormack S, Takito MY. Effects of High-Intensity Interval Training on Olympic Combat Sports Athletes' Performance and Physiological Adaptation: A Systematic Review. J Strength Cond Res. 2019;33(1):242-52.

2. Najafi L, Azizi M, Tahmasebi W. The effect of 6 weeks HIIT training in the conditions of hypoxia and normoxia on liver enzymes levels and lipid profiles in overweight women. Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology. 2016;3(2):56-63 [Persion].

3. Trexler ET, Persky AM, Ryan ED, Schwartz TA, Stoner L, Smith-Ryan AE. Acute Effects of Citrulline Supplementation on High-Intensity Strength and Power Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. Sports Med. 2019;49(5):707-18.

4. Ebrahimi A, Azizi M, Tahmasebi W, Hoseini R. The Effect of Eight Weeks High Intensity Interval Training with Alginate Sodium Supplementation on PYY Levels and Lipid Profiles in Metabolic Syndrome Men. Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology. 2018;5(1):18-27 [Persion].

5. Maillard F, Pereira B, Boisseau N. Effect of high-intensity interval training on total, abdominal and visceral fat mass: a meta-analysis. Sports Medicine. 2018;48(2):269-88.

6. Chappell AJ, Allwood DM, Simper TN. Citrulline Malate Fails to Improve German Volume Training Performance in Healthy Young Men and Women. J Diet Suppl. 2018:1-12.

7. Kiyici F, Eroglu H, Kishali NF, Burmaoglu G. The Effect of Citrulline/Malate on Blood Lactate Levels in Intensive Exercise. Biochem Genet. 2017;55(5-6):387-94.

8. Glenn JM, Gray M, Wethington LN, Stone MS, Stewart RW, Jr., Moyen NE. Acute citrulline malate supplementation improves upper- and lower-body submaximal weightlifting exercise performance in resistance-trained females. Eur J Nutr. 2017;56(2):775-84.

9. Hwang P, Morales Marroquin FE, Gann J, Andre T, McKinley-Barnard S, Kim C, et al. Eight weeks of resistance training in conjunction with glutathione and L-Citrulline supplementation increases lean mass and has no adverse effects on blood clinical safety markers in resistance-trained males. J Int Soc Sports Nutr. 2018;15(1):30.

10. Bendahan D, Mattei JP, Ghattas B, Confort-Gouny S, Le Guern ME, Cozzone PJ. Citrulline/malate promotes aerobic energy production in human exercising muscle. Br J Sports Med. 2002;36(4):282-9.

11. Schwarz Na P, McKinley-Barnard Sk P. Acute Oral Ingestion of a Multi-ingredient Preworkout Supplement Increases Exercise Performance and Alters Postexercise Hormone Responses: A Randomized Crossover, Double-Blinded, Placebo-Controlled Trial. J Diet Suppl. 2018:1-16.

12. Gonzalez AM, Spitz RW, Ghigiarelli JJ, Sell KM, Mangine GT. Acute Effect of Citrulline Malate Supplementation on Upper-Body Resistance Exercise Performance in Recreationally Resistance-Trained Men. J Strength Cond Res. 2018;32(11):3088-94.

13. Glenn JM, Gray M, Jensen A, Stone MS, Vincenzo JL. Acute citrulline-malate supplementation improves maximal strength and anaerobic power in female, masters athletes tennis players. Eur J Sport Sci. 2016;16(8):1095-103.

14. Sureda A, Pons A. Arginine and citrulline supplementation in sports and exercise: ergogenic nutrients? Med Sport Sci. 2012;59:18-28.

15. Farney TM, Bliss MV, Hearon CM, Salazar DA. The Effect of Citrulline Malate Supplementation On Muscle Fatigue Among Healthy Participants. J Strength Cond Res. 2017.

16. da Silva DK, Jacinto JL, de Andrade WB, Roveratti MC, Estoche JM, Balvedi MCW, et al. Citrulline Malate Does Not Improve Muscle Recovery after Resistance Exercise in Untrained Young Adult Men. Nutrients. 2017;9(10).

17. Takeda K, Machida M, Kohara A, Omi N, Takemasa T. Effects of citrulline supplementation on fatigue and exercise performance in mice. J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo). 2011;57(3):246-50.

18. Martinez-Sanchez A, Ramos-Campo DJ, Fernandez-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 Nutr Res. 2017;61(1):1330098.

19. Perez-Guisado J, Jakeman PM. Citrulline malate enhances athletic anaerobic performance and relieves muscle soreness. J Strength Cond Res. 2010;24(5):1215-22.

20. Uto-Kondo H, Ayaori M, Nakaya K, Takiguchi S, Yakushiji E, Ogura M, et al. Citrulline increases cholesterol efflux from macrophages in vitro and ex vivo via ATP-binding cassette transporters. J Clin Biochem Nutr. 2014;55(1):32-9.

21. Franchini E, Cormack S, Takito MY. Effects of High-Intensity Interval Training on Olympic Combat Sports Athletes' Performance and Physiological Adaptation: A Systematic Review. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2019;33(1):242-52.

22. Aedma M, Timpmann S, Lätt E, Ööpik V. Short-term creatine supplementation has no impact on upper-body anaerobic power in trained wrestlers. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2015;12(1):45.

23. Amirsasan R, Vakili J, Shakib A, Armanfar M. Comparing the Effect of one-week supplementation of Citrulline-malate, L-arginine and their combination on growth hormone concentration and metabolic responses in male wrestlers. Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology. 2018;5(1):1-9 [Persion].

www.SID.ir

Archive of SID

protect human umbilical vein endothelial cells from injury by angiotensin II. Mol Med Rep. 2017;16(5):6255-61.

38. Sheffield-Moore M, Wiktorowicz JE, Soman KV, Danesi CP, Kinsky MP, Dillon EL, et al. Sildenafil increases muscle protein synthesis and reduces muscle fatigue. Clin Transl Sci. 2013;6(6):463-8.

24. Ostrowski K, Schjerling P, Pedersen BK. Physical activity and plasma interleukin-6 in humans–effect of intensity of exercise. European journal of applied physiology. 2000;83(6):512-5.

25. Akhoundnia K, Rashid Lamir A, Khajeie R, Arazi H. The Effect of Sport-Specific High Intensity Interval Training on Ghrelin Levels and Body Composition in Youth Wrestlers. Annals of Applied Sport Science. 2019;7(1):11-7.

26. Rashidlamir A, Ghanbari-Niaki A, Saadatnia A. The Effect of eight weeks of wrestling and wrestling technique based circuit training on lymphocyte ABCA1 gene expression and plasma apolipoprotein AI. World J Sport Sci. 2011;2(2):144-50.

27. Bailey SJ, Blackwell JR, Lord T, Vanhatalo A, Winyard PG, Jones AM. l-Citrulline supplementation improves O2 uptake kinetics and high-intensity exercise performance in humans. J Appl Physiol (1985). 2015;119(4):385-95.

28. 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. J Int Soc Sports Nutr. 2016;13:6.

29. 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;59:10-20.

30. Bescos R, Sureda A, Tur JA, Pons A. The effect of nitric-oxide-related supplements on human performance. Sports Med. 2012;42(2):99-117.

31. Bernardi BB, Schoenfeld BJ, Alves RC, Urbinati KS, McAnulty SR, Junior TPS. Acute Supplementation with Beetroot Juice Does Not Enhance Exercise Performance among Well-trained Athletes: A Randomized Crossover Study. Journal of Exercise Physiology Online. 2018;21(3).

32. Hou E, Sun N, Zhang F, Zhao C, Usa K, Liang M, et al. Malate and Aspartate Increase L-Arginine and Nitric Oxide and Attenuate Hypertension. Cell Rep. 2017;19(8):1631-9.

33. Cunniffe B, Papageorgiou M, O'Brien B, Davies NA, Grimble GK, Cardinale M. Acute Citrulline-Malate Supplementation and High-Intensity Cycling Performance. J Strength Cond Res. 2016;30(9):2638-47.

34. Steckling F, Farinha J, Santos D, Bresciani G, Mortari J, Stefanello S, et al. High intensity interval training reduces the levels of serum inflammatory cytokine on women with metabolic syndrome. Experimental and clinical endocrinology & diabetes. 2016;124(10):597-601.

35. McKinley-Barnard S, Andre T, Morita M, Willoughby DS. Combined L-citrulline and glutathione supplementation increases the concentration of markers indicative of nitric oxide synthesis. J Int Soc Sports Nutr. 2015;12:27.

36. Khan MI, Momeny M, Ostadhadi S, Jahanabadi S, Ejtemaei-Mehr S, Sameem B, et al. Thalidomide attenuates development of morphine dependence in mice by inhibiting PI3K/Akt and nitric oxide signaling pathways. Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry. 2018;82:39-48.

37. Cui J, Zhuang S, Qi S, Li L, Zhou J, Zhang W, et al. Hydrogen sulfide facilities production of nitric oxide via the Akt/endothelial nitric oxide synthases signaling pathway to

www.SID.ir