

مطالعات کاربردی تدرستی در فیزیولوژی ورزش

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

مقاله پژوهشی

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

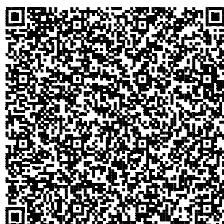
مهرداد مرادی^۱، وریا طهماسبی^۲، محمد عزیزی^۳

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

چکیده

هدف: 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. **روش شناسی:** در یک طرح پیش آزمون-پس آزمون با گروه کنترل دارونما، ۲۸ ورزشکار مرد نخبه کشتی (سن، ۲۱/۹±۲/۴ سال؛ قد، ۱۷۶/۵±۳/۸ 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 هوای آزمودنی‌ها قبل و بعد از ۶ هفته برنامه HIIT اندازه‌گیری شد و نمونه خون وریدی استراحتی قبل و بعد از تمرین نیز گرفته شد. **یافته‌ها:** 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 بی هوازی بالا تنه بین گروه مکمل+تمرین با گروه تمرین اختلاف معنادار نشان داد (P=۰/۰۲۲) و بین سایر گروه‌ها تفاوت معناداری مشاهده نشد (P=۰/۰۵). همچنین داده‌های ترکیب بدنی در سه گروه به جز در شاخص FFM اختلاف معناداری نشان نداد (P=۰/۰۵). **نتیجه‌گیری:** 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 تنها ی شد.

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



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).
۳. استادیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

Worya2626@gmail.com

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



Copyright ©The authors

Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

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 Moradi¹, Worya Tahmasebi², Mohamad Azizi³**

Received 8 March 2019; accepted 16 August 2019

Abstract

Aim: 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. **Methods:** 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. **Results:** 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 ($P<0.05$). **Conclusions:** 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

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 , Iran.

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.



Copyright ©The authors

Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

مقدمه

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 دارومنا تفاوتی ایجاد نکرد (۲۲). از این رو به نظر می‌رسد مکمل‌های تعزیزی‌ای دیگری برای این رشته ورزشی مورد نیاز باشد. تحقیق امیر ساسان و همکاران (۲۰۱۸) در یک دوره مکمل دهی یک هفته‌ای CM و ال-آرژنین بر هورمون رشد نشان داد CM در مقایسه با ال-آرژنین باعث افزایش بیشتر هورمون رشد و کاهش بیشتر گلوكز خون در پاسخ به فعالیت در مردان کشتی گیر می‌شود (۲۳) که این خود نشان دهنده اهمیت مکمل دهی CM می‌باشد. علاوه بر این با توجه به تعییرات روز افزون در قوانین کشتی و زمان‌های رقابت همیشه ورزشکاران در این رشته ورزشی بایستی سطوح بالایی از آمادگی بی‌هوایی، توان بالا و حتی آمادگی دارند. بنابراین برنامه HIIT در این رشته ورزشی مورد نیاز است و هوایی را دارا باشند. نهادهای تمرینی در زمینه HIIT در 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

آزمودنی‌ها

آزمودنی‌ها شامل ۲۸ مرد کشتی گیر (سن، قد: ۲۱/۹±۲/۴؛ وزن، قد: ۷۶/۵±۲/۸ سانتی متر) دارای سابقه کشتی ۳-۶ سال و مقام‌های شهرستانی و استانی در رده‌های نوجوانان و جوانان بودند که در برنامه تمرینی (به طور متوسط سه روز هفتگه) به طور منظم شرکت داشتند، از طریق پاسخ به اطلاعیه و به طور 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 دارومنا+تمرین، گروه تمرین) تقسیم شدند (جول 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 دارومنا+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 جانی در طی مدت‌زمان مداخله، شرکت در برنامه ورزشی غیر از برنامه ورزشی مطالعه حاضر و عدم تعلیم فرد به ادامه تمرین. تمام آزمودنی‌ها ابتدا پرسشنامه مرتبط با سلامت را تکمیل کردند. همچنین قل از شروع بپوشش از تمام آزمودنی‌ها خواسته شد که رضایت‌نامه کتبی را تکمیل کنند پرتوکل تمرین توسط کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی کرامات‌شاه با کد اخلاقی IR.KUMS.REC.1398.443 تأیید شد. از کلیه آزمودنی‌ها درخواست شد در زمان تمرین از فعالیت‌های بدنسازی 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 به صورت تصادفی به ۳ گروه تمرین+مکمل (۱۰ نفر)، تمرین+دارومنا (۹ نفر) و تمرین (۹ نفر) تقسیم شدند. تمام آزمودنی‌ها 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

تمرین تنابوی 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 به خود جلب کرده است (۱، ۲). چون این شیوه تمرینی تارهای عضلانی تند و کند اتفاقاً را درگیر می‌کند بهبود قابل توجهی در قابلیت-های بی‌هوایی و قلبی-ریوی ایجاد می‌شود (۳). برنامه HIIT در ترکیب با برنامه‌های مکمل دهی مختلف از جمله آرژینات سلیم افزایش سطح سرمی پیتید YY و کاهش عوامل خطر سندروم 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 محدودیت‌های تأمین ارزی هوایی و بی‌هوایی 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 داده است می‌توان با استفاده از برخی مکمل‌های تعزیزی ای با تأخیر انداختن خستگی عملکرد اجرای تمرینات ورزشی و در نهایت قابلیت های ورزشکار را بالا برد (۳، ۴، ۶). مصرف آرژنین و سیترولین که هر دو از پیش سازه‌های نیتریک اکساید (NO) است، موجب بهبود عملکرد در تمرین های HIIT می‌شود (۳). یک مولکول سیگنال دهنده با عملکردهای مختلف است که با ارتقاء اتساع عروقی، موجب افزایش وضعیت اکسیژن‌سینیون^۲ در عضلات درگیر و بهبود پویایی اکسیژن مصرفی می‌شود (۶).

سیترولین/مالات^۳ (CM) ترکیبی از سیترولین (ماده دخیل در چرخه اوره) و مالاته (ماده واسطه ای چرخه کربس) است (۷). این مکمل معمولاً به عنوان درمان داوری بrix عفونت‌ها تجویز می‌شود مطالعات قلی در انسان و موش نشان داده است که درمان با CM موجب بهبود عملکرد عضلانی افراد مبتلا به بیماری عفونی می‌شود (۷، ۸). چندین مطالعه بالینی دو سوکور در مقایسه با مطالعات بالینی با دارونما به طور واضح اثرات خدالهابی CM را در شرایط مختلف خستگی نشان دادند (۱۱). همچنین CM نشان داده به عنوان آمینو اسید غیر ضروری و مکمل تعزیزی ای می‌تواند اجرای فعالیت‌های هوایی و بی‌هوایی را بالا بیرد. 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 چاگیری کرده به عنوان بافر در مقابل افزایش اسید لاکتیک عمل کند. ریکاوری بعد از فعالیت بدنسازی 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 سطح خونی آرژنین می‌شود که همزمان می‌تواند به عنوان بافر اسید لاکتیک عمل کند و همچنین اتساع دهنده عروقی از طریق ستر NO باشد (۱۷، ۱۸).

به دلیل ویژگی‌های کاربردی CM امروزه استفاده از این مکمل در میان ورزشکاران افزایش یافته است؛ اما نتایج در این زمینه متناقض است. بrix و همکاران (۲۰۱۰) و همچنین گلین و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند دوز های ۸-۶ گرم CM عملکرد افراد در تمرینات مقاومتی را ارتقاء داده (۸، ۱۹) و علاوه بر این تولید هوایی آرژنی 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 هوایی و بی‌هوایی اهمیت دارد، مانند تمرین تنابوی با شدت بالا (HIIT) مهم است.

ورزش کشتی به عنوان رشته ورزشی که در آن اتفاقات عضلانی نیرومند در طی مورد نیاز است و همچنین توان بی‌هوایی بالا تر و ورزشکار در موفقیت رقابتی اهمیت بالایی دارد (۲۱)، یافتن راهکارهای تمرینی و تعزیزی ای برای ارتقاء این قابلیت طرفداران فراوانی دارد. برخی محققان از مکمل‌های کراتین در کشتی

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

دقیقه سرد کردن داشتند (۲۵). برنامه HIIT شامل دو ولهه تمرین که هر ولهه ۳ نوبت ۲ دقیقه ای تمرین تنابوی شدید با شدت ۸۰-۹۰ درصد حداکثر ضربان قلب بود. هفته ۱-۲ شامل دو ولهه بود و هر دو هفتنه یکبار یک ولهه به تعداد سنتها تمرین اضافه شد. به نحوی که در هفته مدت زمان برنامه HIIT به این صورت بود: هفته ۲-۱ (۲۲ دقیقه)، هفته ۳ (۲۴ دقیقه) و هفته ۵ (۳۳ دقیقه). فواصل استراحتی به ترتیب برابر ۱۲۰ تا ۱۸۰ ثانیه بین نوبتها و ولههای تمرین بود (۲۵). تکنیک‌های کشتی که برای برنامه HIIT مورد استفاده قرار گرفت شامل: زیر یک‌خم، کولانزار، زیر و خم، فن کمر، زیر یک‌خم در گارد مخالف، تتر، درختکن و پیچ پیچک بود که با فاصله ۵-۶ متري از هم اجرا می‌کردند. هر آزمودنی بایستی اولین تکنیک را کامل کند و به سرعت به اجرای هفت تکنیک دیگر پیروزد (۲۶). این کار تا پایان زمان هر نوبت اجرا می‌شد. فواصل استراحتی بین ولههای بهصورت استراحت فعل (راه رفتن) بود. آزمودنی‌ها در طی فواصل استراحتی و در صورت نیاز مجاز به رفع تشنجی 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 جدآگاهه 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 ناشتابی و شرایط یکسان (ساعت هشت تا ۱۰ صبح، دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۵۰ درصد) از ورید بازویی گرفته شد. پس از جمع‌آوری نمونه‌ها در مرحله پس‌آزمون جهت سنجش میزان NO از کیت زلابیو^۳ ساخت آلمان به روش الایزا (با میزان حساسیت $1\mu\text{m}$ و دامنه $3\text{ }\mu\text{m}$ - $100\text{ }\mu\text{m}$) 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-ولیک 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 بونفونی جهت تعیین محل تفاوت‌ها استفاده شد. همچنین برای برسی تفاوت درون گروهی (پیش آزمون-پس آزمون) از آزمون t وابسته استفاده شد. سطح معناداری در تمام تجزیه و تحلیل-های آماری ($P < 0.05$) 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 رایه 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 رایه شده است. نتایج آماری نشان داد که BMI و درصد چربی در سه گروه مورد مطالعه تغییر معناداری نشان نداد ($P > 0.05$). اما توده بدون چربی (FFM) گروه مکمل+تمرین در مقایسه با دیگر گروه‌ها افزای معناداری نشان داد. با مراجعه با آزمون تعقیبی بونفونی مشخص شد که تغییرات گروه مکمل+تمرین نسبت به گروه دارونما+تمرین معنادار بوده است ($P = 0.048$). نتایج آزمون کوپر نشان داد که علی رغم افزایش مسافت طی شده سه گروه، آنها اختلاف معناداری در پس آزمون با یکدیگر ندارد ($F_{2,25} = 1/8, P = 0.189$).

آموزش داده شد. سپس آزمودنی‌های هر سه گروه به مدت شش هفته سه جلسه در هفته برنامه HIIT را انجام دادند. اندازه گیری‌های آنتروپومتریک، آزمون‌های عملکردی در طی جلسه دوم آشنا سازی آزمودنی‌ها اندازه گیری شد. قبل و بعد از تمرین از تمام آزمودنی‌ها نمونه گیری خونی جهت اندازه گیری NO سرم گرفته شد. تمام آزمودنی‌ها همچنین فرم باد آمد غذایی سه روزه قبل و بعد از برنامه تمرینی تکمیل کردن 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 آزمون‌های 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 ۱۰۰ گرم اندازه گیری شد. درصد چربی و شاخص‌های ترکیب بدن با دستگاه آنالیز (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 هر کدام از آزمودنی‌ها بهصورت جداگانه در قبل و بعد از شش هفته ثبت شد. آمادگی بی‌هوایی وینگیت بالا تنه و پایین تنه برای همه آزمودنی‌ها با استفاده از آزمون وینگیت ۳۰ ثانیه اجرا شد، که برای بالا تنه دست‌ها 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 بروزه توان (PP) و میانگین (MP) توان (T) توسط نرم افزار وینگیت ثبت شد و همچنین شاخص خستگی (FI) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد. آزمون‌های وینگیت با استفاده از دو مدل دوچرخه موئارک (و ساخت سوئد) مخصوص بالا تنه (مدل E۸۹۴) و پایین تنه (مدل E۸۹۱) ساخت سوئد شد.

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

$\text{PP} =$ بالاترین توان بی‌هوایی ۵ ثانیه

$\text{LP} =$ کمترین توان بی‌هوایی ۵ ثانیه

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 میلی‌لیتر آب مصرف می‌کرند (۹). در حالی که گروه دارونما ۲ گرم سلوزل را مشابه گروه مکمل مصرف کرد و گروه تمرین فقط تمرین عادی خود را داشت. زمان مصرف مکمل و دارونما همراه با عده‌غذایی نهار بود. CM با نام تجاری Kyowa Hakko Bio Co., Ltd. ساخت ژاپن تهیه شد. سه روز قبل از شروع برنامه مکمل دهی و اندازه گیری‌های 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 تا ۱۵ دقیقه گرم کردن که شامل توبیدن آرام و حرکات کششی بود، شروع می‌شد. آزمودنی‌ها پس از گرم کردن ۲۰ دقیقه تمرین معمول خود و ۲۵-۲۰ دقیق برنامه HIIT (هشت تکنیک کشتی) انجام دادند و در انتها ۱۰

اما داده‌های وینگیت برای پایین تنہ در سه گروه برای PP ($F_{۲,۷۵}=۲/۵۵, P=۰/۰۹۸$) ($F_{۲,۷۵}=۱/۱۸, P=۰/۳۳۲$) و FI ($F_{۲,۷۵}=۱/۱۵, P=۰/۳۳۲$) MP نقاوت معناداری نشان نداد.

نتایج تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر برای داده‌های NO نشان داد سطوح سرمی NO در سه گروه اختلاف معناداری نشان داد ($F_{۲,۷۵}=۵/۲۱, P=۰/۰۱۳$). با مراجعه به آزمون تعقیبی یونوفرونی مشخص شد که داده‌های NO گروه تمرين+مکمل نسبت به دو گروه تمرين+دارونما ($P=۰/۰۳۳$) و تمرين ($P=۰/۰۳۰$) افزایش معناداری در سطوح سرمی NO نشان داد.

نتایج آزمون بی‌هوایی وینگیت در گروه مکمل+تمرين برای بالا تنہ افزایش معنادار اوج توان (PP) ($F_{۲,۷۵}=۱۴/۲, P<۰/۰۰۱$) و میانگین توان (MP) ($F_{۲,۷۵}=۱۵/۳P, P=۰/۰۰۱$) را نشان داد. PP بالاتنه گروه مکمل+تمرين نسبت به گروه دارونما+تمرين همچنین MP بالاتنه گروه مکمل+تمرين نسبت به گروه دارونما+تمرين ($P=۰/۰۰۸$) و تمرين ($P=۰/۰۰۳$) افزایش بیشتری نشان داد. نتایج شاخص خستگی آزمون وینگیت بالاتنه سه گروه نیز پس از شش هفته برنامه HIIT در سه گروه اختلاف معناداری را نشان داد ($F_{۲,۷۵}=۹/۵Y, P<۰/۰۰۱$). در حالی که FI بالاتنه گروه مکمل+تمرين تنها نسبت به گروه تمرين ($P=۰/۰۰۱$) کاهش بیشتری نشان داد.

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

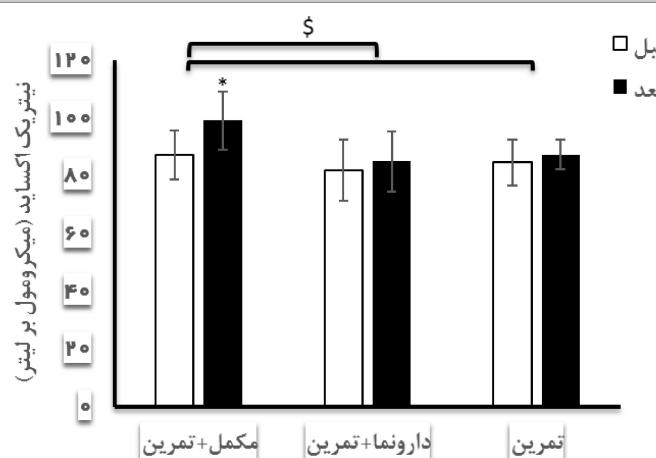
	تمرين		تمرين و دارونما		تمرين و مکمل		گروه	متغير
	بعد	قبل	بعد	قبل	بعد	قبل		
۷۸/۳±۶/۱	۷۷/۳±۵/۷	۷۳/۵±۴/۹	۷۳/۴±۴/۴	۷۶/۵±۴/۳*	۷۴/۹±۴/۷		وزن (kg)	
۲۶/۱±۱/۹	۲۵/۷±۱/۸	۲۳/۷±۱/۸	۲۳/۸±۱/۲	۲۵/۱±۰/۶*	۲۴/۶±۰/۵		(kg/m ²) BMI	
۷۲/۷±۵/۷*	۷۱/۵±۵/۶	۶۳/۸±۴/۲	۶۳/۲±۳/۵	۶۸/۸±۳/۹ ^۶ *	۶۵/۷±۴/۵		توده بدون چربی (kg)	
۱۱/۳±۱/۳*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

مقادیر به صورت میانگین±انحراف استاندارد ارائه شده است. * $P<0/05$ نشانگر تفاوت درون گروهی قبل و بعد از شش هفته تمرين. ^۶: $\$$ نشانگر تفاوت بین گروهی قبل و بعد از شش هفته تمرين.

جدول ۲: داده‌های آزمون‌های عملکردی کوپر، وینگیت بالا تنہ و پایین تنہ آزمودنی‌ها در سه گروه تمرين و مکمل، تمرين و دارونما و تمرين

	تمرين		تمرين و دارونما		تمرين و مکمل		گروه	متغير
	بعد	قبل	بعد	قبل	بعد	قبل		
۲۷۰/۲۲±۱۲۰/۹*	۲۵۴/۶/۱۴±۹/۱/۱	۲۶۹/۳/۷۵±۸/۵/۸	۲۵۲/۷/۰±۱۰۰/۲	۲۸۸/۱/۲۵±۸/۸/۴*	۲۷۴/۴/۸±۹/۷/۹		آزمون کوپر (متر)	
۴۷۲/۶±۴۳/۹*	۴۶۲/۴±۶۰/۶	۴۸۸/۸±۵۴/۱	۴۵۶/۵±۶۴/۹	۵۵۰/۹±۶۷/۸ ^۶ *	۴۹۰/۲±۸/۴/۶		میانگین توان بالا تنہ (وات)	
۶۶۰/۶±۳۹/۳*	۶۴۹/۲±۴۹/۸	۶۸۳/۴±۵۳/۲	۶۶۰/۸±۶۹/۹	۶۹۳/۹±۳۵/۱ ^۶ *	۶۴۲/۱±۳۶/۹		اوج توان بالا تنہ (وات)	
۵۷۴/۴±۴۸/۱*	۵۵۱/۲±۴۹/۹	۵۷۸/۳±۵۰/۹*	۵۵۲/۷±۶۳/۹	۵۸۷/۸±۵۳/۷*	۵۴۰/۵±۳۲/۸		میانگین توان پایین تنہ (وات)	
۸۰/۷/۶±۳۹/۸*	۷۸۶/۵±۴۹/۹	۸۰/۴/۹±۵۶/۱	۷۸۷/۸±۶۳/۹	۸۱۰/۹±۳۵/۷*	۷۶۸/۱±۳۲/۷		اوج توان پایین تنہ (وات)	
۶۱/۶±۵/۲	۶۱/۳±۵/۵	۶۱/۶±۴/۳*	۶۳/۹±۶/۲	۵۹/۵±۹/۴ ^۶ *	۶۲/۹±۱۱/۲		شاخص خستگی بالا تنہ %	
۷۳/۹±۲/۸*	۷۵/۱±۱/۹	۷۳/۳±۲/۱*	۷۶/۱±۲/۵	۶۶/۶±۵/۱*	۷۱/۴±۱/۴		شاخص خستگی پایین تنہ %	

مقادیر به صورت میانگین±انحراف استاندارد ارائه شده است. * $P<0/05$ نشانگر تفاوت درون گروهی قبل و بعد از شش هفته تمرين. ^۶: $\$$ نشانگر تفاوت بین گروهی قبل و بعد از شش هفته تمرين.



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

به خوردن ال-سیتروولین به تنها بی، 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 می دهد که مکمل دهی روزانه نیتراتs و CM در رژیم غذایی می تواند نشانگرهای NO را افزایش، فشارخون را کاهش دهد و سبب بهبود در عملکرد ورزشی و تحمل فعالیت ورزشی در بزرگسالان سالم شود (۳۲, ۹, ۲۷). موارد ذکر شده تا حدود زیادی با نتایج تحقیق حاضر همسو است.

تعییرات وزن، BMI و توده بدون چربی آزمودنی های سه گروه پس از برنامه تمرين تعییرات مشابهی نشان داد. ولی تفاوت معناداری بین سه گروه مشاهده نشد. برنامه HIIT عمدها در زمان های تمرين اصلی سیستم های انژری فسفاتر و گلیکولیز بی هوایی را درگیر می کند و در دوره های بازگشت به حالت اولیه بین وله های تمرين سیستم هوایی سازگاری در راستای تحويل یا مصرف بیشتر اکسیژن و همچنین افزایش آثربویژن خواهد داشت (۲۵). در این بین مصرف CM که نقش آن در افزایش NO جریان خون اثبات شده است می تواند با افزایش اتساع عروقی، افزایش جریان خون به عضلات و افزایش اکسیژن رسانی روند این سازگاری ها را تسريع و یا بیشتر کند (۳۳, ۳۴). بر اساس مطالعات قبلی در این زمینه تمرين مقاومتی و مصرف مکمل سیتروولین افزایش توده بدون چربی را نشان داده است، که دلیل آن افزایش سنتر پروتئین گزارش شده و احتمال داده شده است که قسمتی از این سنتر 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 به خوبی اثبات نشده است، اما در مطالعه مک کینلی و همکاران (۲۰۱۵) نشان داده شد که در پاسخ به یک وله فعالیت حاد مقاومتی متabolیت های NO، نیترات و نیترید و حتی cGMP همگام مصرف سیتروولین و گلوتاتیون ۳۰ دقیقه پس از فعالیت نیز همچنان به طور معناداری بالا بودند (۳۵) و در رابطه با بالا بودن ترشح NO در از مصرف CM در پاسخ های حاد و مزمن به ورزش می توان به نقش NO در متabolیسم پروتئین عضله و عملکرد احتمالی عضلات در پاسخ به تمرين مقاومتی یا برنامه HIIT اشاره کرد (۹, ۱۱). زیرا فعالیت NO برای فعال سازی مسیر سیگنالینگ Akt (درگیر در واکنش های آبشاری ترجمان و سنتر پروتئین) وابسته به کلسيم 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-لاقپاص، عملکرد فیبر عضلانی، نفوذپذیری و متabolیسم عضله تحت تأثیر قرار دهد (۳۲, ۳۷). از این رو می توان بخشی از ارتقاء عملکرد بیشتر آزمون های گروه مکمل+تمرين را در آزمون های بی هوایی وینگیت بالا تنه به افزایش بیشتر NO در این گروه نسبت داد. زیرا در مطالعه شفیلدمور و همکاران (۲۰۱۳) نشان داده شد مسلبد سازی مسیرهای سرکوب NO-cGMP می تواند موجب افزایش سنتر پروتئین و کاهش خستگی در عضلات اسکلتی انسان شود (۳۸). در مطالعه مکینلی و همکاران (۲۰۱۵) که بهبودی فعالیت cGMP در اثر مصرف سیتروولین و گلوتاتیون مشاهده شد، باز هم مؤید نقش مؤثر سیتروولین در افزایش NO و در نهایت افزایش سنتر پروتئین و عملکرد عضلانی است و احتمالاً هنگام مصرف طولانی مدت این تأثیر بیشتر و ماندگار باشد (۳۵, ۹). هرچند با توجه به تحقیقات اندک در این زمینه هنوز نمی توان با قاطعیت در این زمینه اظهار نظر کرد. توصیه

بحث و نتیجه گیری

هدف از پژوهش حاضر بررسی همزمان مکمل یاری روزانه CM همراه با برنامه HIIT بر سطوح سرمی NO ، توان بی هوایی و آمادگی هوایی کشتی گیران بود. نتایج تحقیق حاضر برای اولین بار نشان داد که تمرين تناوبی شدید برپایه مهارت های کشتی همراه با مکمل دهی CM می تواند به طور قابل توجهی موجب افزایش NO سرمی کشتی گیران نخیه شود. علاوه بر این برخی شاخص های عملکرد بی هوایی از قبیل اوج توان و میانگین توان بی هوایی و شاخص خستگی در آزمون وینگیت بالانه در گروه مکمل و برنامه HIIT نسبت به دیگر گروهها بهبودی بیشتری نشان داد. اما آمادگی هوایی علی رغم بهبود در همه گروهها پس از تمرين های HIIT بر پایه تکنیک های کشتی تفاوت معناداری نشان نداد. در رابطه با شاخص های آنتروپومتریک وزن و درصد چربی علارغم بهبود آنها در سه گروه تفاوت معناداری در بین گروهها مشاهده نشد، اما FFM گروه مکمل و تمرين به نسبت سایر گروه های تمرينی 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 می باشد و این امکان وجود دارد که مصرف طولانی تر آن بتواند به عنوان یک مکمل ارجومند تأثیر گذار در نظر گرفته شود(۹). در مطالعه ای موردي مصرف ۷ روز CM با دوز روزانه ۶ گرم موجب افزایش سطوح پلاسمای سیتروولین، آرژنین و سطح نیترات، بهبود پویایی اکسیژن مصرفی^۱ در پاسخ به شدت های فعالیت بدنه متوسط می شود (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 پلاسمای سیتروولین، آرژنین و نیترات پلاسمای اثرات فوق العاده ای بر زمان رسیدن به اماندگی در طی تمرين های 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-سیتروولین پیش ساز اولیه انژری زای از ال- آرژنین که در واقع سوبسترات برای سنتر NO است و NO به تنها بی می تواند عملکرد ورزشی را بهبود ببخشد و سبب متعادل کردن جریان خون، سیستم تامین انژری عضله و تنفس میتوکندریایی در حین فعالیت ورزشی می شود (۳۰). مکمل دهی نیترات رژیم غذایی می تواند 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 مکمل های حاوی CM در افزایش میزان ال- آرژنین پلاسما بهبود عملکرد اندوتیال می باشد. زیرا افزایش سطوح NO و متعاقب آن سیگنالینگ 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 تمرين تناوبی با شدت بالا بهبود بخشد (۳۱). در مطالعه مروری بسکووس و همکاران (۲۰۱۲) در رابطه با مکمل های مرتبط با NO و تأثیر آن بر عملکرد بدن تأیید شده است همزمان ال-سیتروولین و مالات، نسبت

^۱. O2 kinetics



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, Cozzzone 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, Ghigarelli 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;31(6):10-15.

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):15-20.

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.

می شود در تحقیقات آتی دوزهای مختلف و همچنین طولانی تر این مکمل همراه و بدون تمرين ورزشی مورد بررسی قرار گیرد و کنترل بیشتری بر رژیم غذایی ورزشکاران اعمال شود و پیشنهاد می شود در تحقیقات آتی اثرات مکمل دهی CM در ترکیب با شیوه های مختلف تمرين کشته و در حین رقابت های کشتی بر عملکرد ورزشی و نیز عوامل التهابی و شاخص های استرس اکسیداتیو انجام شود.

نتیجه گیری

بر اساس نتایج حاضر، مصرف همزمان مکمل یاری CM و ۶ هفته برنامه HIIT بر پایه تکنیک های کشتی توائسته است میزان سطوح سرمی NO کشتی گیران نخبه را افزایش دهد. همچنین عملکرد بی هوازی بخصوص آمادگی بی هوازی بالاتر 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 تمرين کشتی گیران می توائد نقش کمکی قابل توجهی داشته باشد تا حدود زیادی حمایت می نماید.

تشکر و قدردانی

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

تعارض منافع: نویسندها این مقاله، هیچ نفع متقابلی از انتشار آن ندارند.

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 [Persian].
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 [Persian].
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



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 facilitates production of nitric oxide via the Akt/endothelial nitric oxide synthases signaling pathway to 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.
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 [Persian].
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. Cunniff 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.

