

مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش

سال پنجم، شماره اول؛

بهار و تابستان ۱۳۹۷

صفحات ۹-۱

Original Article

Open Access

مقایسه تأثیر یک هفته مکمل سازی سیترولین-مالات، ال-آرژنین و ترکیب آنها بر مقادیر هورمون رشد و پاسخ‌های متابولیکی مردان کشتی گیر

رامین امیرساسان^{۱*}، جواد وکیلی^۲، امیر شکیب^۳، مصطفی آرمان فر^۴

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۲/۱۲

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۰۷



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

چکیده

سیترولین اسید آمینه‌ای است که از طریق افزایش ترشح هورمون‌های آنابولیک باعث بهبود سنتز پروتئین عضلانی می‌شود. تحقیق حاضر با هدف مقایسه تأثیر یک هفته مکمل سازی سیترولین-مالات (Cit)، ال-آرژنین (Arg) و ترکیب آنها بر مقادیر هورمون رشد و پاسخ‌های متابولیکی مردان کشتی گیر متعاقب آزمون شبیه ساز کشتی انجام شد. در یک مطالعه نیمه تجربی، ۲۰ کشتی گیر ۲۵-۱۹ ساله (وزن، ۹۰-۶۰ کیلوگرم و درصد چربی ۲۰-۱۲ درصد) انتخاب و به صورت تصادفی و دوسویه کور در چهار گروه همگن مکمل سازی یک هفته‌ای Arg (چهارگرم در روز) و Cit (چهارگرم در روز)، ترکیب آنها (دو گرم از هر یک) و کنترل قرار گرفتند. در ابتدا و پس از نمونه‌گیری اولیه خونی کشتی‌گیران آزمون شبیه‌ساز کشتی را اجرا کردند و سپس نمونه خونی ثانویه پنج دقیقه بعد از آزمون اخذ شد. بعد از یک هفته مکمل سازی، مجدداً پروتکل تمرینی و اخذ نمونه‌های خونی تکرار شد تا غلظت هورمون رشد (GH)، گلیسرول، اسیدهای چرب آزاد (FFA) و گلوکز پلاسمایی اندازه‌گیری شود. داده‌ها با استفاده از آزمون ANOVA و آزمون تعقیبی بونفرونی در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ تجزیه و تحلیل شدند. یک هفته مکمل سازی Cit، Arg و ترکیب آنها باعث افزایش معنی‌دار پاسخ GH، گلیسرول، FFA و جلوگیری از افت معنی‌دار کاهش گلوکز خون متعاقب به آزمون شبیه‌ساز کشتی گردید. با این حال، افزایش غلظت GH در گروه مکمل سازی Cit بیشتر از گروه Arg بود ($P < 0/05$). به نظر می‌رسد یک هفته مکمل سازی Cit به طور موثرتری نسبت به ال-آرژنین باعث افزایش هورمون رشد، گلیسرول، FFA و کاهش مقادیر گلوکز ناشی از فعالیت شود.

واژه‌های کلیدی: سیترولین-مالات، ال-آرژنین، گلیسرول، هورمون رشد، اسیدهای چرب آزاد، گلوکز، کشتی گیر.

نحوه ارجاع: امیرساسان رامین، شکیب امیر، وکیلی جواد، آرمان فر مصطفی. مقایسه تأثیر یک هفته مکمل سازی سیترولین-مالات و ال-آرژنین بر مقادیر هورمون رشد و پاسخ‌های متابولیکی مردان کشتی گیر. مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش ۱۳۹۷؛ ۹(۱): ۹-۱.

Journal of Applied Health Studies in Sport PhysiologyVolume 5, Number 1
Spring /Summer 2018
1-9**Original Article****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**Ramin Amirsasan^{*1}Javad Vakili², Amir Shakib³, Mostafa Armanfar⁴

Received 27 January 2019; accepted 2 May 2019

Abstract

Citrulline, an amino acid metabolite, has been reported to stimulate muscle protein synthesis by increased anabolic hormone secretion. The aim of this research was to evaluate the effect of one-week supplementation of citrulline-malate, L-arginine and their combination on growth hormone concentration and metabolic responses in male wrestlers. 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 in four equal citrulline-malate (Cit; 4g/days), L-arginine (Arg; 4g/days), their combination (2g/days Arg + 2g/days Cit) and placebo (P) groups. Before and after supplementation period, all subjects were participated in a competition like wrestling. Blood samples were obtained in the 4 phases: one hour before and immediately after two competition like wrestling protocols. Plasma growth hormone (GH), glycerol, fat free acid (FFA), and glucose were analyzed. Change any of the parameters (mean and standard deviation) of four stages and between groups is determined by Analysis of variance (ANOVA) with repeated measurement and post hoc tests, respectively. The significance level was set at $p < 0.05$. The findings of present study showed that GH and lactate concentration were significantly increased after one week supplementation of arginine, citrulline-malate and combination of citrulline-malate with L-arginine. Also, it can be concluded that the one week citrulline-malate with L-arginine supplementation is more effective than the citrulline-malate or L-arginine supplementation to prevent the exercise-induced decrease in some glucose levels. Therefore, it seems that Cit supplementation week more effectively than L-arginine for exercise induced increased of growth hormone, glycerol, FFA and preventing of decreases glucose levels.

Keywords: Citrulline-malate, L-arginine, Growth Hormone, Glycerol, Fat Free Acid, Wrestlers

Scan this QR code to see the accompanying video, or visit

jahssp.azaruniv.ac.ir

1. Associate professor in Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

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

2. Assistant Professor in Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

3. MSc in Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

4. PhD in Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

Cite as: Amirsasan Ramin, Shakib Amir, Vakili Javad, Armanfar Mostafa. 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): 53-58.



مقدمه

کشتی ورزش ملی ایران و یکی از ورزش‌های ملال‌آور و المپیکی است. دستگاه انرژی اصلی تلمین هزینه انرژی مورد نیاز ورزشی کشتی، دستگاه انرژی بی‌هوازی است. در ورزش شدیدی مثل کشتی غلظت لاکتات درون سلولی ممکن است به ۳۰ میلی مول در لیتر یا بیشتر افزایش می‌یابد که با کاهش pH درون سلولی همراه است. همچنین نکته قابل ذکر است که مدت زمان اجرای یک مسابقه کشتی ممکن است از ۱۰ ثانیه تا شش دقیقه به طول بیانجامد در نتیجه تقویت هر سه سیستم انرژی باید در دستور کار مریبان قرار بگیرد (۱، ۲). استفاده از مکمل‌های ورزشی به ویژه در میان ورزش‌های مبارزهای مانند کشتی برای بهبود عملکرد و تامین نیازهای انرژی و مواد مغذی تمرینات شدید و رقابت‌ها یکی از روش‌های ارگونومیک است که همواره توجه زیادی را به خود جلب کرده است. در این بین، سیترولین مالات (Citrulline malate) اخیراً توجه زیادی را به خود جلب کرده است. اسیدآمینه ال-سیترولین در خیار، کدوتیل، خربزه تلخ و به ویژه هندوانه وجود دارد. ال-آرژنین یکی دیگر از مداخلات تغذیه‌ای است که به صورت گسترده توسط ورزشکاران با اهداف مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. اسید آمینه ال-آرژنین در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک مهم مانند سنتز پروتئین‌ها، اوره و پلی‌آمین‌ها نقش دارد (۳). همچنین ال-آرژنین باعث افزایش تولید هورمون رشد می‌شود نشان داده شده است که این هورمون نیز با افزایش میزان لیپولیز و در نتیجه افزایش میزان اسیدهای چرب آزاد و گلیسرول باعث افزایش زمان رسیدن به واماندگی از طریق صرفه جویی در مصرف گلیکوژن عضلات و کبد می‌شود اما برخی مطالعات نشان داده‌اند که مکمل ال-آرژنین نمی‌تواند سطوح آرژنین پلاسما را به طور موثری افزایش می‌دهد، زیرا ال-آرژنین توسط آنزیم آرژیناز تجزیه می‌شود (۴). همچنین، ال-سیترولین پیش‌ساز اسید آمینه ال-آرژنین بوده و برخلاف ال-آرژنین، ال-سیترولین توسط آرژیناز تجزیه نمی‌شود (۵، ۶). علاوه بر آن تحقیقات قبلی روی حیوانات و انسان‌ها نشان داده است که ال-سیترولین ممکن است به عنوان یک مهار کننده برای آرژیناز عمل کند بنابراین شواهد حاکی از آن است که ال-سیترولین مداخله موثر تری از ال-آرژنین برای افزایش سطوح آرژنین پلاسما است (۷، ۸).

برخی مطالعات به بررسی تأثیرات سیترولین مالات و ال-آرژنین روی عملکرد ورزشی پرداخته‌اند، برای مثال اسکات^۱ و همکاران گزارش کردند که مصرف کوتاه مدت ال-آرژنین تأثیری بر پاسخ‌های هورمونی و متابولیکی و عملکرد دوچرخه سواران نیمه استقامتی ندارد. همچنین در برخی مطالعات بهبود عملکرد فعالیت ورزشی بالاتنه (۹)، پایین تنه (۱۰) پس از مکمل سازی سیترولین مالات گزارش شده است. علاوه بر آن سوزوکی^۲ و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که هفت روز مکمل سازی ال-سیترولین منجر به بهبود عملکرد تایم تریل (کاهش زمان رسیدن به خط پایان) در دوچرخه‌سواران می‌شود با این حال، عدم تأثیر دریافت ال-سیترولین در بهبود فعالیت ورزشی بالاتنه یا زمان رسیدن به واماندگی حین فعالیت روی تردمیل گزارش شده است (۱۱). همچنین با توجه به آثار مشابه این دو اسید آمینه، برخی مطالعات به مقایسه آثار و میزان اثربخشی آنها پرداخته‌اند، به عنوان مثال، بیلی^۳ و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کرده‌اند که شش روز مکمل سازی ال-سیترولین موجب افزایش سطوح ال-آرژنین پلاسما و بهبود عملکرد ورزشی می‌شود در حالی که ال-آرژنین تأثیری روی عملکرد نداشت (۱۲). همچنین در برخی مطالعات بیان شده است که سیترولین-مالات با تبدیل شدن به ال-آرژنین و به دنبال آن با افزایش تولید نیتریک اکساید (NO)^۴ موجب اتساع عروقی و افزایش جریان خون عضلانی و در نهایت افزایش دسترسی سلول‌های بافت عضلانی و سایر بافت‌های فعال به مواد مغذی و افزایش دفع مواد زاید و محصولات فرعی سوخت و سازی می‌شود (۱۳). به علاوه، سیترولین-مالات می‌تواند با افزایش کیرانس آمونیم از طریق چرخه اوره به کاهش تجمع آمونیم تولید شده در فعالیت‌های ورزشی شدید کمک نماید. این مسئله به نوبه خود به کاهش انتقال سوخت و ساز به مسیرهای بی‌هوازی به ویژه گلیکولیز و در نتیجه کاهش فشار سوخت و سازی و مکانیکی ناشی از فعالیت ورزشی شدید منجر

می‌شود (۱۳، ۱۴). همچنین، مالات (یا اسید مالیک) یک میانجی چرخه کربس است که می‌تواند ظرفیت هوازی را بهبود ببخشد و در نتیجه خستگی عضلانی را کاهش داده و عملکرد عضلانی را افزایش دهد (۱۱، ۱۴).

از اینرو، با توجه به محدود بودن مطالعات انجام شده در این زمینه و نتایج ناهمسو و گاه متناقض به دست آمده و از آنجایی که در بیشتر تحقیقات به بررسی تأثیر آرژنین به عنوان یک محرک پرداخته شده است در حالی که آرژنین توسط آنزیم آرژیناز تجزیه می‌شود از اینرو به نظر می‌رسد انجام تحقیقی در زمینه بررسی تأثیر سیترولین که دارای آثار مشابه با آرژنین بوده و همچنین پیش‌ساز آن است و به علاوه مقایسه تأثیر دو مکمل ذکر شده بر مقادیر هورمون رشد، میزان اسیدهای چرب آزاد، گلیسرول و گلوکز ضروری است، لذا مطالعه حاضر با هدف مقایسه تأثیر مکمل سازی سیترولین-مالات و ال-آرژنین بر مقادیر هورمون رشد و پاسخ‌های متابولیکی مردان کشتی گیر انجام شد.

روش بررسی

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی بوده و روی کشتی‌گیران شهر تبریز در محدوده سنی ۲۵-۱۹ سال و وزن ۹۰-۶۰ کیلوگرم انجام شد (جدول ۱). برای این منظور کشتی‌گیران باشگاه‌های شهر تبریز که سابقه حداقل دو سال کشتی را داشتند جامعه آماری این تحقیق را تشکیل داده و بر اساس نمونه‌گیری تصادفی ۲۰ نفر از آنها بر اساس معیارهای سن، وزن و درصد چربی انتخاب شد (جدول ۱). شاخص‌های ورود به مطالعه برای آزمودنی‌ها شامل سیگاری نبودن و نداشتن سابقه ابتلا به بیماری و مصرف دارو بود. همچنین، شاخص‌های خروج از مطالعه شامل سابقه مصرف مکمل طی شش ماه گذشته و آسیب‌دیدگی به ویژه در ناحیه پا، مچ پا و مفصل شانه بودند. بعد از انتخاب نمونه آماری آزمودنی‌ها توسط توان هوازی و بی‌هوازی همگن سازی شده و به صورت تصادفی به دو گروه ۱۰ نفری مکمل ال-آرژنین، سیترولین مالات، ترکیبی و دارونما تقسیم شدند. پس از انتخاب آزمودنی‌ها، کلیه مراحل تحقیق به آن‌ها شرح داده شد. آزمودنی‌ها فرم رضایت نامه کتبی را پر کرده و همچنین ثبت رژیم غذایی سه روزه از آزمودنی‌ها انجام شد. سپس از آزمودنی‌ها پیش‌آزمون گرفته شد که شامل یک آزمون شبیه سازی بر اساس زمان مسابقه کشتی که طرح آن دو زمان سه دقیقه‌ای (۱۵ ثانیه فعالیت و ۱۵ ثانیه استراحت) با استراحت ۳۰ ثانیه بین دو مرحله سه دقیقه‌ای بود. ۱۰ دقیقه پس از آن، تست بی‌هوازی RAST (برای ارزیابی توان بی‌هوازی اوج، میانگین توان بی‌هوازی و شاخص خستگی) و سپس با فاصله ۱۵ دقیقه تست هوازی شاتل‌ران (برای ارزیابی توان هوازی) اجرا شد. نحوه اجرای آزمون RAST بدین صورت است که یک مسافت ۳۵ متری شش مرتبه توسط آزمودنی با حداکثر سرعت دویده می‌شود و بین هر مرتبه دویدن مسافت ۳۵ متری آزمودنی ۱۰ ثانیه استراحت می‌کند (۱۸). آزمون شاتل‌ران نیز شامل دویدن مکرر یک مسافت ۲۰ متری در مدت زمان مشخص است که در هر سطح از آزمون به صورت پیش‌رونده مدت زمان ارائه شده توسط بوق برای پیمودن مسافت به صورت پیش‌رونده کاهش می‌یابد (۱۸). نمونه‌های خونی قبل و بلافاصله پس از پروتکل شبیه سازی از آزمودنی‌ها جمع‌آوری شد. در هر چهار گروه مکمل سازی، آزمودنی‌ها به مقدار چهار گرم در روز مکمل‌ها مربوطه را به مدت هفت روز به صورت محلول در آب با غلظت چهارگرم در ۲۴۰ میلی لیتر آب و یک ساعت قبل از فعالیت ورزشی مصرف کردند (گروه ترکیبی دو گرم سیترولین مالات و دو گرم آرژنین و گروه کنترل چهار گرم دکستروز) (۹، ۱۴) و در طول یک هفته به تمرینات عادی خود (هفته‌ای سه جلسه، در هر جلسه ۲۰ دقیقه اول گرم کردن و ۲۰

نانوگرم بر میلی لیتر و CV ۳/۲ درصد) و biovision (حساسیت ۰/۴۲ میلی گرم بر لیتر و CV ۵/۸ درصد) ساخت کشور آمریکا و روش های آزمایشگاهی الایزا و پس از سانتریفیوژ و جدا کردن سرم آنالیز شد. ضمن اینکه پیش از شروع طرح تحقیق به منظور اطمینان از رعایت ملاحظات اخلاقی مجوز اخلاق از دانشگاه علوم پزشکی با شناسه IR.TBZMED.REC.1397.231 دریافت شد.

تجزیه و تحلیل داده های گردآوری شده با استفاده از روش های آمار توصیفی و همچنین فرضیات با استفاده از آزمون ANOVA و آزمون تعقیبی بونفرونی در سطح معنی داری ۰/۰۵ و با استفاده از نرم افزار SPSS22 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

است. نتایج مربوط به مقایسه میانگین تمام شاخص ها با استفاده از آزمون ANOVA نشان می دهد که پیش از شروع طرح تحقیق تفاوت معنی داری بین متغیرهای مورد مطالعه وجود نداشته است ($P > 0/05$).

دقیقه دوم برای توضیح نکات و آموزش صحیح فون و در ادامه ۶۰ دقیقه تمرین و مرور فن و ۲۰ دقیقه آخر هم را برای سردکردن) در باشگاه ادامه دادند. لازم به ذکر است که مکمل سیتروولین مالات با نام تجاری استیمول و از شرکت دارویی بهین پاد و ال-آرژنین از داروخانه تهیه شد. همچنین به آزمودنی ها توصیه شد که ۴۸ ساعت قبل از آزمون مقدماتی و آزمون انتهایی فعالیت ورزشی شدید و آسیب زا انجام ندهند. ضمن آنکه نمونه های خونی قبل و پس از پروتکل تمرینی توسط متخصص خونگیری و با استفاده از سرنگ های پنج میلی لیتری گرفته شده و مقدار هورمون رشد سرمی و اسیدهای چرب آزاد به ترتیب با استفاده از کیت های monobind (حساسیت ۵/۷۵

یافته ها

در جدول شماره ۱ مشخصات پیکرشناختی آزمودنی ها ارائه شده است. همچنین، در جدول شماره ۲ مقادیر متغیر وابسته در هر چهارگروه ذکر شده

جدول شماره ۱. مشخصات آنتروپومتریکی و جمعیت شناختی آزمودنی ها

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

آرژنین، سیتروولین مالات و ترکیب سیتروولین مالات با ال-آرژنین باعث افزایش معنی دار پاسخ ناشی از ورزش هورمون رشد و جلوگیری از کاهش معنی دار لاکتات خون متعاقب یک رقابت کشتی شبیه سازی شده گردیده است ($P < 0/05$). همچنین، افزایش غلظت GH در گروه مکمل سازی Cit بیشتر از گروه Arg بود ($P < 0/05$).

یافته های پژوهش حاضر نشان داد که یک وهله فعالیت ورزشی شبیه سازی رقابت کشتی باعث افزایش معنی دار غلظت GH ($P < 0/05$)، گلیسرول ($P = 0/02$)، NEFA ($P = 0/011$) و کاهش معنی دار کاهش گلوکز خون ($P = 0/001$) متعاقب آزمون شبیه ساز کشتی شده است (جدول ۲). با این حال، یک هفته مکمل سازی

جدول شماره ۲- تغییرات هر یک شاخص های اندازه گیری شده طی مراحل مختلف اندازه گیری

شاخص ها	مرحله	گروه های مورد مطالعه		
		آرژنین	سیتروولین	ترکیبی
هورمون رشد (نانوگرم / میلی لیتر)	قبل از آزمون اول	۵/۵ ± ۶۸/۶۹	۶/۴ ± ۲۲/۵	۶/۳ ± ۱۶/۶۶
	بعد از آزمون اول	۹/۱۰ ± ۵/۶	۹/۶ ± ۱۱/۷	۸/۷ ± ۹۵/۳
	قبل از آزمون دوم	۵/۱ ± ۵/۸	۶/۲ ± ۰/۷/۱	۵/۱ ± ۷/۵
	بعد از آزمون دوم	۱۱/۶ ± ۸/۶	۱۳/۴ ± ۳/۴	۹/۴ ± ۸/۵
اسیدهای چرب آزاد (میلی مول / لیتر)	قبل از آزمون اول	۶۰۲/۱۶ ± ۷/۰۶	۶۰۷/۵ ± ۲۱/۴	۶۰۴/۲۴ ± ۲/۰۳
	بعد از آزمون اول	۷۴۸/۲۳ ± ۸/۳	۷۳۳/۲ ± ۳۲/۷	۷۴۳/۳ ± ۴۷/۶
	قبل از آزمون دوم	۶۲۹/۴۱ ± ۴/۶	۵۱ ± ۶۳۰/۱	۶۳۲/۳۱ ± ۳/۴
	بعد از آزمون دوم	۸۱۲/۴۰ ± ۱/۲	۸۳۷/۲۴ ± ۳/۷	۸۲۸/۲۲ ± ۱/۹
گلوکز (میلی گرم / دسی لیتر)	قبل از آزمون اول	۱۱۴/۱۱ ± ۷/۷۹	۱۱۵/۱۰ ± ۶/۱۵	۲/۱۲ ± ۶/۶۲
	بعد از آزمون اول	۹۰/۱۴ ± ۷/۹۴	۹۲/۳ ± ۶/۴	۹۴/۱۳ ± ۵/۱۱
	قبل از آزمون دوم	۱۱۵/۱۴ ± ۴/۵	۴ ± ۱۱۶/۰۹	۱۱۲/۳۱ ± ۳/۲۱
	بعد از آزمون دوم	۱۰۵/۴۱ ± ۵/۳۲	۱۰۶/۱۲ ± ۱/۷	۱۰۶/۱۴ ± ۴/۵۷
گلیسرول (میلی گرم / لیتر)	قبل از آزمون اول	۲/۲ ± ۴/۴	۲/۲ ± ۹/۹	۲/۲ ± ۴/۶
	بعد از آزمون اول	۳/۲ ± ۴/۸	۳/۲ ± ۵/۴	۳/۳ ± ۲/۱
	قبل از آزمون دوم	۲/۲ ± ۹/۱	۲/۳ ± ۵/۶	۲/۱ ± ۱/۷
	بعد از آزمون دوم	۴/۲ ± ۶/۰۹	۴/۲ ± ۸/۹	۴/۲ ± ۵/۳

بحث و نتیجه گیری

سیتروآرژینین مالات بود. آن‌ها فرض کردند که افزایش میزان کلیرانس گلوکز با افزایش میزان نیتریک اکساید همراه باشد، زیرا میزان انسولین خون تحت تأثیر قرار نگرفته بود. با این حال، هم در این مطالعه و هم در تحقیق لیدن هیچکدام از نشانگرهای مرتبط با نیتریک اکساید اندازه گیری نشد (۲۳). از جمله محدودیت‌های تحقیق حاضر می‌توان به عدم اندازه‌گیری سایر عوامل هورمون آنابولیک و کاتابولیک مانند تستوسترون، عامل رشد شبه انسولینی-۱ و کورتیزول اشاره کرد که درک سازوکار دقیق نحوه اثرگذاری این اسید آمینه را دشوار ساخته است؛ از اینرو پیشنهاد می‌شود در مطالعات پیشرو به بررسی سایر عوامل هورمونی آنابولیک و کاتابولیک پرداخته شود.

به طور کلی، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از مکمل سازی سیتروآرژینین مالات در مقایسه با ال-آرژینین ممکن است باعث افزایش بیشتر سطوح ال-آرژینین پلاسما و در نتیجه میزان سطوح هورمون رشد شده و مقادیر بیشتر هورمون رشد نیز با افزایش مقادیر چربی سوزی و مقادیر گلیسرول و اسیدهای چرب پلاسما باعث کاهش میزان گلوکز و صرفه جویی در مصرف گلیکوژن شود. با این حال، به نظر می‌رسد برای دستیابی به یک پروتکل مکمل سازی دقیق و مشخص شدن سازوکارهای دقیق درگیر در بروز این سازگاری به انجام تحقیقات بیشتری نیاز است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً استفاده از مکمل سیتروآرژینین-مالات روش موثری برای تحریک افزایش ترشح هورمون‌های آنابولیک و افزایش اتکاء به چربی به عنوان منبع سوختی طی فعالیت ورزشی است.

تشکر و قدردانی

از تمام افرادی که در این تحقیق همکاری کرده‌اند تشکر و قدر دانی به عمل می‌آید.
منابع مالی: منابع مالی این طرح تحقیقاتی توسط نویسندگان و بخشی از آن نیز توسط شرکت دارویی بهین پاد تأمین شده است.

منابع

- Goudarzi M, Honari H. Designing and Developing the Strategic System of Wrestling in IR Iran Improving Wrestling in Islamic Republic of Iran. *World Journal of Sport Sciences*. 2009;2(1):65-74.
- Mirzaei B, Ghahremani Moghaddam M, Alizae Yousef Abadi H. Analysis of Energy Systems in Greco-Roman and Freestyle Wrestlers Who Participated in the 2015 and 2016 World Championships. *International Journal of Wrestling Science*. 2017;7(1-2):35-40.
- Patel JJ, Miller KR, Rosenthal C, Rosenthal MD. When is it appropriate to use arginine in critical illness? *Nutrition in Clinical Practice*. 2016;31(4):438-44.
- McConnell GK. Effects of L-arginine supplementation on exercise metabolism. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*. 2007;10(1):46-51.
- Botchlett R, Lawler JM, Wu G. L-Arginine and 1-citrulline in sports nutrition and health. *Nutrition And Enhanced Sports Performance*: Elsevier; 2019. p. 645-52.
- Sureda A, Pons A. Arginine and citrulline supplementation in sports and exercise: ergogenic nutrients? *Acute Topics in Sport Nutrition*. 59: Karger Publishers; 2012. p. 18-28.

در این مطالعه این فرضیه که مکمل سازی سیتروآرژینین مالات و ال-آرژینین ممکن است مقادیر هورمون رشد و پاسخ‌های متابولیکی را پس از آزمون شبیه ساز کشتی تحت تأثیر قرار دهد، بررسی و مقایسه شد. اساس یافته‌های پژوهش حاضر، یک هفته مکمل سازی سیتروآرژینین مالات و ال-آرژینین باعث افزایش هورمون رشد، گلیسرول، اسیدهای چرب آزاد و جلوگیری از کاهش غلظت گلوکز خون متعاقب یک رقابت شبیه‌ساز کشتی شد اما این تغییرات فقط در گروه سیتروآرژینین مالات معنی دار بود.

در راستای نتایج مطالعه حاضر مبنی بر افزایش هورمون رشد متعاقب مکمل سازی ال-آرژینین ویدمن^۱ و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که مصرف ال-آرژینین به صورت داخل وریدی و زبانی باعث افزایش مقادیر هورمون رشد می‌شود. مصرف ۳۰ گرم ال-آرژینین به صورت داخل وریدی باعث افزایش مقادیر هورمون رشد و متعاقب آن باعث افزایش میزان لیپولیز و مقادیر گلیسرول و اسیدهای چرب آزاد پلاسمایی می‌شود (۱۵).

افزایش هورمون رشد نیز می‌تواند باعث افزایش لیپولیز و اکسیداسیون چربی و در نتیجه افزایش مقادیر NEFA و گلیسرول پلاسمایی شده و این امر نیز می‌تواند باعث صرفه جویی در مصرف گلیکوژن عضله و کبد شود. اما با وجود این برخی محققان نشان داده‌اند که مصرف ال-آرژینین باعث افزایش مقادیر هورمون رشد نمی‌شود که علت آن احتمالاً به دلیل تفاوت‌هایی است که بین مصرف دهانی و تزریق داخل وریدی ال-آرژینین در پاسخ به هورمون رشد وجود دارد (۱۶، ۱۷). مطالعات قبلی نشان داده‌اند که مصرف ال-آرژینین به صورت خوراکی نمی‌تواند مقادیر در حال گردش آن در خون را افزایش دهد زیرا مقدار قابل توجهی از آن در روده کوچک توسط آنزیم آرژیناز-۲ تجزیه می‌شود. مصرف ال-آرژینین در مقادیر بالا نیز می‌تواند با جابه‌جایی اسموتیک آب به داخل روده و معده باعث ناراحتی ورزشکار می‌شود که احتمالاً همین عامل (جذب پایین ال-آرژینین) مانع افزایش سطوح آرژینین پلاسما و در نتیجه مانع از اثرگذاری آن شده است و باعث افزایش اندک و غیر معنی‌دار هورمون رشد شده است (۱۶، ۱۸).

برخی تفاوت‌های نتایج مطالعه حاضر با برخی مطالعات احتمالاً به دلیل نحوه مصرف (خوراکی یا داخل وریدی)، زمان مصرف یا میزان آمادگی آزمودنی‌ها بوده است (۱۶، ۱۹، ۲۰). برخلاف ال-آرژینین، سیتروآرژینین مالات تحت تأثیر آنزیم آرژیناز ۲ قرار نگرفته و توسط آن تجزیه نمی‌شود و مقادیر بیشتری از آن در کلیه به ال-آرژینین تبدیل می‌شود (۳، ۲۱). علاوه بر آن سیتروآرژینین مالات می‌تواند به عنوان یک مهار کننده بر آنزیم عمل کرده و در کل از طریق دو سازگار باعث افزایش میزان سطوح ال-آرژینین پلاسما می‌شود (۲۲). همسو با این نتایج برخی مطالعات نشان داده‌اند که مصرف سیتروآرژینین مالات باعث افزایش زیست دسترسی و در نتیجه میزان سطوح ال-آرژینین پلاسما می‌شود هر چند در این مطالعه میزان ال-آرژینین پلاسمایی اندازه‌گیری نشد اما احتمالاً همین عامل نیز باعث افزایش معنی‌دار هورمون رشد نسبت به گروه ال-آرژینین شده است. همچنین براساس نتایج تحقیق حاضر افزایش معنی‌داری در میزان گلیسرول پلاسمایی و اسیدهای چرب آزاد در گروه سیتروآرژینین مالات مشاهده شد که همسو با نتایج تحقیق فوربس و همکارانش بود که علت آن را به افزایش مقادیر هورمون رشد نسبت داده‌اند (۱۶).

لیدن^۲ و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند مصرف ۳۰ گرم ال-آرژینین باعث افزایش کلیرانس گلوکز می‌شود که همسو با نتایج تحقیق حاضر در گروه

- submaximal exercise in trained cyclists. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2013;23(4):369-77.
17. Collier SR, Casey DP, Kanaley JA. Growth hormone responses to varying doses of oral arginine. *Growth Hormone & IGF Research*. 2005;15(2):136-9.
 18. Hoffman J. *Physiological aspects of sport training and performance: Human Kinetics*; 2014.
 19. Bescós R, Gonzalez-Haro C, Pujol P, Drobnic F, Alonso E, Santolaria ML, et al. Effects of dietary L-arginine intake on cardiorespiratory and metabolic adaptation in athletes. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2009;19(4):355-65.
 20. Sunderland KL, Greer F, Morales J. VO₂max and ventilatory threshold of trained cyclists are not affected by 28-day l-arginine supplementation. *Journal of strength and conditioning research*. 2011;25(3):833.
 21. Forbes SC. *Oral l-Arginine Supplementation in Young Males: Endocrinology, Metabolic, and Physiological Responses at Rest and During Exercise. L-Arginine in Clinical Nutrition*: Springer; 2017. p. 301-10.
 22. Goron A, Lamarche F, Cunin V, Dubouchaud H, Hourdé C, Noirez P, et al. Synergistic effects of citrulline supplementation and exercise on performance in male rats: evidence for implication of protein and energy metabolisms. *Clinical Science*. 2017;131(8):775-90.
 23. Linden KC, Wadley GD, Garnham AP, McConell GK. Effect of l-arginine infusion on glucose disposal during exercise in humans. *Medicine and science in sports and exercise*. 2011;43(9):1626-34.
 7. 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. *Journal of Applied Physiology*. 2015;119(4):385-95.
 8. De Bandt J-P. *Arginine and Skeletal Muscle. Nutrition and Skeletal Muscle*: Elsevier; 2019. p. 295-307.
 9. Pérez-Guisado J, Jakeman PM. Citrulline malate enhances athletic anaerobic performance and relieves muscle soreness. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010;24(5):1215-22.
 10. Wax B, Kavazis AN, Weldon K, Sperlak J. Effects of supplemental citrulline malate ingestion during repeated bouts of lower-body exercise in advanced weightlifters. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2015;29(3):786-92.
 11. Cutrufello PT, Gadowski SJ, Zavorsky GS. The effect of l-citrulline and watermelon juice supplementation on anaerobic and aerobic exercise performance. *Journal of sports sciences*. 2015;33(14):1459-66.
 12. 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.
 13. da Silva DK, Jacinto JL, de Andrade WB, Roveratti MC, Estoche JM, Balvedi MC, et al. Citrulline Malate Does Not Improve Muscle Recovery after Resistance Exercise in Untrained Young Adult Men. *Nutrients*. 2017;9(10):1132.
 14. Figueroa A, Wong A, Jaime SJ, Gonzales JU. Influence of L-citrulline and watermelon supplementation on vascular function and exercise performance. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*. 2017;20(1):92-8.
 15. Wideman L, Weltman JY, Patrie JT, Bowers CY, Shah N, Story S, et al. Synergy of L-arginine and GHRP-2 stimulation of growth hormone in men and women: modulation by exercise. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 2000;279(4):R1467-R77.
 16. Forbes SC, Harber V, Bell GJ. The acute effects of L-arginine on hormonal and metabolic responses during