

## Research Paper

## Comparison of the effect of short-term consumption alone and a combination of L-arginine and L-citrulline supplements on aerobic and anaerobic capacity of young football players

Abolfazl Qodsi <sup>1</sup>, Abbas Mehranpour <sup>2</sup>, Bahram Abedi <sup>3\*</sup>, Mojtaba Khansooz <sup>4</sup>

1- Master's degree, Department of Physical Education, Tolo Mehr Institute, Non-Profit University, Qom, Iran

2- Assistant Professor, Department of Physical Education, Tolo Mehr Institute, Non-Profit University, Qom, Iran

3-Professor, Department of Physical Education, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

4- Ph.D., Department of Physical Education and Sports Sciences, Islamic Azad University, Arak Branch, Arak, Iran

**Received:** 2023/7/23

**Revised:** 2023/7/25

**Accepted:** 2023/8/23

Use your device to scan and read the article online



**DOI:**

[10.30495/VARZESH.2023.1991896.1064](https://doi.org/10.30495/VARZESH.2023.1991896.1064)

**Keywords:**

L-arginine, L-citrulline, aerobic power, anaerobic power

### Abstract

**Objective:** The present study was conducted with the aim of comparing the effect of short-term use alone and a combination of L-arginine and L-citrulline supplements on the aerobic and anaerobic capacity of young soccer players.

**Materials and Methods:** In this semi-experimental study, which was conducted with a pre-test-post-test design, 60 young male soccer players with an age range of 15 to 18 years were selected as available and in 4 groups of 15 L-arginine supplement, L-citrulline supplement, combined of L-arginine, valcitrulline supplement and placebo. In the pre-test and post-test stages, the aerobic and anaerobic power of the subjects was measured using yo-yo tests and RAST test. The period of supplement consumption was for 7 days. The amount of L-arginine and L-citrulline supplements alone was 2.4 grams per day, and in the combined group, each of the supplements consumed 1.2 grams.

**Findings:** Short-term consumption (7 days) of L-arginine supplement, L-citrulline supplement and a combination of L-arginine and L-citrulline supplement on increasing aerobic power, peak anaerobic power, average anaerobic power, minimum anaerobic power and reducing the fatigue index of football players Young people have a significant effect ( $P>0.05$ ). Other results indicate the greater effect of the combination of L-arginine and L-citrulline supplements compared to L-arginine and L-citrulline supplements alone in improving the aerobic and anaerobic capacity of young soccer players.

**Conclusion:** Based on the findings of the present study, it can be concluded that the combined use of L-arginine and L-citrulline supplements can be effective in increasing the aerobic and anaerobic capacity of young football players.

**Citation:** Qodsi A. , Mehranpour A. , Abedi . , Khansooz M.. Comparison of the effect of short-term consumption alone and a combination of L-arginine and L-citrulline supplements on aerobic and anaerobic capacity of young football players. Researches in Sport Sciences and Medical Plants. 2023; 3 (11):8-21

**Corresponding author:** Bahram Abedi

**Address:** Department of Physical Education, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

**Email:**

**Tell:**

**Email:** abedi@iaumahallat.ac.ir

## مقاله پژوهشی

## مقایسه تاثیر مصرف کوتاه مدت به تنهایی و ترکیبی از مکمل‌های ال آرژنین و ال سیترولین بر توان هوازی و بی‌هوازی فوتبالیست‌های جوان

ابوالفضل قدسی<sup>۱</sup>، عباس مهرانپور<sup>۲</sup>، بهرام عابدی<sup>۳\*</sup>، مجتبی خان‌سوز<sup>۴</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه تربیت بدنی، موسسه طلوع مهر، دانشگاه غیر انتفاعی، قم، ایران

۲- استادیار، گروه تربیت بدنی، موسسه طلوع مهر، دانشگاه غیر انتفاعی، قم، ایران

۳- استاد، گروه تربیت بدنی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۴- دکتری، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک، اراک، ایران.

## چکیده

هدف: مطالعه حاضر با هدف مقایسه تاثیر مصرف کوتاه مدت به تنهایی و ترکیبی از مکمل‌های ال آرژنین و ال سیترولین بر توان هوازی و بی‌هوازی فوتبالیست‌های جوان انجام گرفت.

مواد روش‌ها: در این پژوهش نیمه تجربی که با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون انجام گرفت، ۶۰ فوتبالیست جوان مرد با دامنه سنی ۱۵ تا ۱۸ سال که به صورت در دسترس انتخاب و در ۴ گروه ۱۵ نفری مکمل ال-آرژنین، مکمل ال-سیترولین، ترکیبی از مکمل ال-آرژنین و ال-سیترولین و دارونما قرار گرفتند. در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون توان هوازی و بی‌هوازی آزمودنی‌ها با استفاده از آزمون‌های یویو و آزمون RAST اندازه‌گیری شد. دوره مصرف مکمل به مدت ۷ روز بود. مقدار مکمل‌های ال-آرژنین و ال-سیترولین به تنهایی ۲/۴ گرم در روز بود که در گروه ترکیبی هر یک از مکمل‌ها ۱/۲ گرم مصرف شدند.

یافته‌ها: مصرف کوتاه مدت (۷ روز) مکمل ال آرژنین، مکمل ال سیترولین و ترکیبی از مکمل ال آرژنین و ال سیترولین بر افزایش توان هوازی، اوج توان بی‌هوازی، میانگین توان بی‌هوازی، حداقل توان بی‌هوازی و کاهش شاخص خستگی فوتبالیست‌های جوان تاثیر معنی‌داری دارد ( $P < 0.05$ ). دیگر نتایج حاکی از اندازه اثر بیشتر ترکیبی از مکمل ال آرژنین و ال سیترولین در مقایسه با مکمل ال آرژنین و مکمل ال سیترولین به تنهایی در بهبود توان هوازی و بی‌هوازی فوتبالیست‌های جوان می‌باشد.

نتیجه‌گیری: براساس یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان نتیجه گرفت که مصرف ترکیبی از مکمل‌های ال آرژنین و ال سیترولین، می‌تواند در افزایش توان هوازی و بی‌هوازی فوتبالیست‌های جوان مؤثر باشد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۵/۱

تاریخ داوری: ۱۴۰۲/۵/۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۱

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید



DOI:

[10.30495/VARZESH.2023.1991896.1064](https://doi.org/10.30495/VARZESH.2023.1991896.1064)

واژه‌های کلیدی:

ال آرژنین، ال سیترولین، توان هوازی، توان بی‌هوازی.

\* نویسنده مسوول: بهرام عابدی

نشانی: استاد، گروه تربیت بدنی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تلفن:

پست الکترونیکی: abedi@iaumahallat.ac.ir

## مقدمه

سنتاز (ASS1) و آرژینینوسوکسینات لیاژ (ASL) سیتروولین را به آرژنین بازیافت می‌کنند، که منجر به یک چرخه سیتروولین-آرژنین می‌شود که به طور موثر اکسید نیتریک تولید می‌کند ال-آرژنین اسید آمینه نیمه ضروری است که به وسیله همه سلول‌ها استفاده می‌شوند ال-آرژنین به طور معمول ۷-۵ درصد از مقدار کل اسیدهای آمینه رژیم غذایی طبیعی انسان را تشکیل می‌دهد، زیست دسترسی ال-آرژنین از منابع غذایی ۶۰ درصد است (۱۱) ژنوم و ایلوم بخش‌هایی از روده کوچک است که این اسید آمینه جذب می‌شود و برای اهدافی مانند سنتز پروتئین، ترمیم بافت‌ها و تأمین ایمنی سلول‌های بدن استفاده می‌شود این اسید آمینه نقش حیاتی را در سیتوپلاسم و ساخت پروتئین در هسته، ساخت دیگر اسیدهای آمینه و چرخه اوره (ساخت اوره از آرژنین و قادر ساختن بدن برای برداشت آمونیم که برای سلول‌ها سمی است) برعهده دارد، ال-آرژنین جزء اسیدهای آمینه گلوکوژنیک (قندساز) طبقه‌بندی می‌شود زیرا در نهایت به آلفاگلوکوتارات متابولیزه شده و وارد سیکل اسیدسیتریک می‌شود، به علاوه بیان شده که ال-آرژنین باعث بهبود پاسخ ایمنی و افزایش رها سازی هورمون رشد و انسولین می‌شود (۱۲) سیتروولین یک آمینو اسید  $\alpha$  است که در هندوانه فراوان است و یک پیش ماده درون‌زا قوی آرژنین است. قابل ذکر است، مصرف خوراکی سیتروولین غلظت آرژنین خون را در انسان افزایش می‌دهد سیتروولین در روده کوچک یا کبد متابولیزه نمی‌شود زیرا سیتروولین دهانی به طور موثرتر از آرژنین باعث افزایش سطح آرژنین می‌شود. مکمل سیتروولین چندین اثر مفید بر روی سیستم قلبی عروقی و عملکرد اندوتلیال با افزایش تولید اکسید نیتریک دارد. مجموعه‌ای از شواهد در حال رشد همچنین نشان می‌دهد که هنگامی که بزرگسالان سالم به صورت خوراکی سیتروولین مصرف می‌کنند، عملکرد ورزشی از طریق تولید اکسید نیتریک افزایش می‌یابد (۱۳) بنابراین، سیتروولین می‌تواند دارای خصوصیات فیزیولوژیکی باشد که به طور موثر سطوح آرژنین و اکسید نیتریک را برای ظرفیت ورزش تعدیل نماید مطالعات پیشین در مدل‌های حیوانی نشان داده است که ترکیبی از سیتروولین و آرژنین خوراکی غلظت آرژنین خون را بلافاصله و موثرتر از سیتروولین یا آرژنین به تنهایی افزایش می‌دهد (۱۴). به خصوص در انسان‌های سالم ثابت شده است که مکمل‌های ترکیبی با سیتروولین و آرژنین در یک ساعت بعد از مصرف افزایش سطح حاد آرژنین در پلاسما را نشان می‌دهد برای مثال نشان داده شد که زمان دوچرخه سواری ۴ کیلومتر یک ساعت پس از مصرف مکمل سیتروولین به طور قابل توجهی کوتاه‌تر از دارونما بود همچنین که حدود یک هفته مصرف مداوم سیتروولین

ورزش فوتبال با ترکیب از فعالیت‌های با شدت بالا، مانند دو سرعت، دویدن، جاگینگ، شتاب، پرش و تغییر جهت، با مراحل کم شدت (توقف یا راه رفتن) مشخص می‌شود (هی کرافت و همکاران، ۲۰۱۷). مسافت متوسطی که بازیکنان طی یک مسابقه فوتبال طی می‌کنند بین ۸ تا ۱۲ کیلومتر است (۱) جایی که آن‌ها بین ۵۰ تا ۲۵۰ عمل با شدت بالا را انجام می‌دهند که حدود ۱ تا ۱۲ درصد از کل مسافت طی شده را نشان می‌دهد (۲) از این نظر، در طی مراحل با شدت بالا و حداکثر، انرژی یک فوتبالیست از طریق فرآیندهای بی‌هوازی (هر دو متابولیسم فسفاژن و بی‌هوازی) به دست می‌آید، در حالی که در طول تلاش کلی یک مسابقه فوتبال (۹۰ یا ۱۲۰ دقیقه)، به صورت هوازی بدست (۳) بنابراین، به نظر می‌رسد داشتن مکمل‌هایی که انرژی لازم را در هر فاز تأمین می‌کنند، هدف اصلی برای دستیابی به حداکثر عملکرد است ورزشکاران برای حفظ سلامتی و به حداکثر رساندن عملکرد ورزشی اغلب به مکمل‌های غذایی روی می‌آورند در این میان، پروتئین‌ها و اسید آمینه‌ها با فرکانس ۳۵-۴۰ درصد بیشترین مصرف‌کننده کمک‌های ارگوژنیک را دارند (۴) با این حال، با توجه به اینکه شواهد زیادی وجود دارد که مصرف پروتئین‌ها و اسید آمینه‌ها تأثیر مثبتی بر عملکرد ورزشی دارد، استفاده از مکمل‌های غذایی با عملکرد گشادکننده عروق (به عنوان مثال اکسید نیتریک) به طور قابل توجهی در ورزش افزایش یافته است (۵) اکسید نیتریک (NO) رگ‌های خونی را گشاد می‌کند، باعث افزایش گردش خون و بهبود کارایی میتوکندری می‌شود و همچنین نشان داده شده است که اکسید نیتریک به طور مثبتی بیوژنز میتوکندری را از طریق گیرنده PGC-1 $\alpha$ ، تنظیم کننده مرکزی عملکرد میتوکندری، تنظیم می‌کند (۶) اکسید نیتریک طیف وسیعی از عملکردهای فیزیولوژیکی را اعمال می‌کند (به عنوان مثال، افزایش کارایی انقباضی عضله، بهبود تحمل ورزش و تنظیم میزان مصرف اکسیژن) و به عنوان یک پیام رسان بین سلولی و همچنین تشکیل گونه‌های نیتروژن واکنش‌پذیر عمل می‌کند برخی از محققان بر روی اثرات مفیدی که مکمل‌های حاوی نیترات (3-NO-) رژیم غذایی مانند آب چغندر بر عملکرد ورزش دارند تمرکز کرده‌اند (۷، ۸) با این حال، گزارش‌های دیگر هیچ بهبودی در عملکرد استقامت پس از مصرف مکمل‌های حاوی نیترات در ورزشکاران نخبه بسیار آموزش دیده یافت نگردید (۹، ۱۰) بنابراین، تلاش‌ها به سمت استراتژی‌هایی که تولید اکسید نیتریک را ترویج می‌کنند، صورت گرفته است. سنن درون‌زا اکسید نیتریک از طریق متابولیسم ال-آرژنین به ال-سیتروولین توسط سنتز اکسید نیتریک انجام می‌شود. آرژینینوسوکسینات

۲۴ ساعت پس از دوره مصرف در مرحله پس از آزمون مجدداً آزمون-های یویو و آزمون RAST از شرکت‌کنندگان گرفته شد

### مصرف مکمل

مکمل ال- آرژنین مورد استفاده، محصول شرکت نیچر ساخت کشور آمریکا بود که طول دوره مصرف مکمل ال آرژنین و نیز میزان مصرف این مکمل، کمتر از سه گرم در روز برای بیماران و افراد عادی توصیه شده است (تسای و همکاران، ۲۰۰۹) در مطالعه حاضر مکمل ال آرژنین به صورت قرص و به دوز ۲/۴ گرم بود (۱۶) مکمل ال- سیترولین مورد استفاده، محصول شرکت شوچی- میتسوبیسی ساخت کشور ژاپن بود در مطالعه حاضر مکمل ال سیترولین به صورت قرص و به دوز ۲/۴ گرم در طول روز بود (۱۶) در گروه ترکیبی هر یک از مکمل‌ها به میزان ۱/۲ گرم در روز مصرف شد (۱۶).

### اندازه‌گیری حداکثر اکسیژن مصرفی:

برای اندازه‌گیری (Vo2max)، آزمودنی‌ها پروتکل یویو را انجام دادند. آزمون YOYO در فوتبال یکی از رایج‌ترین تست‌های موجود جهت ارزیابی سطح آمادگی جسمانی بازیکنان فوتبال، مطرح می‌باشد. هدف از اجرای آزمون یویو دویدن یک مسافت معین به صورت رفت و برگشت توسط بازیکنان به طور کامل و تا سر حد توانایی و واماندگی و خستگی با آهنگی است که از طریق سیگنال‌ها و علائم صوتی ارسال می‌شود و تا جایی ادامه می‌یابد که فوتبالیست در گام آخر توانایی اجرای فعالیت را ندارد. دو مخروط به فاصله ۲۰ متر از یکدیگر بر روی زمین قرار داده می‌شود مخروط سوم از خط شروع آزمون به فاصله ۲/۵ متر به آن اضافه می‌شود. در این تست پس از طی دو مسیر رفت و برگشت ۲۰ متری (جمعاً ۴۰ متر) توسط بازیکنان به حالت دویدن ۵ ثانیه استراحت گنجانده شده است که در این زمان بازیکن باید به صرف مخروط سوم (۵ متر رفت و برگشت) به آهستگی راه رفته و برگردد و بلافاصله به سوی خط شروع رفته و دویدن دور بعد را انجام دهد. این روند چرخشی ادامه دارد تا فوتبالیست با تغییر تندتر آهنگ و علائم صوتی از طریق کاست خسته شده و توانایی اجرای تمرین و آزمون را نداشته باشد. سرعت شروع آزمون ۱۳ کیلومتر بر ساعت بود که به صورت فزاینده بر آن افزوده شد. زمانی که آزمودنی‌ها به هنگام شنیدن صدای بوق ۲ مرتبه ناتوان از رسیدن به خط شروع شوند، آزمون خاتمه یافت. در پایان حداکثر اکسیژن مصرفی براساس مسافت پیموده شده محاسبه گردید (۱۷):

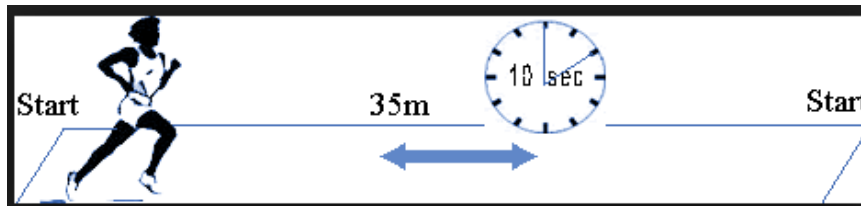
$$VO_{2max}(ml/min/kg) = IR2distance(m) \times 0.0136 + 45.3$$

**عملکرد بی‌هوازی:** در مطالعه حاضر برای انجام عملکرد بی‌هوازی از پروتکل تمرینی RAST استفاده گردید. این پروتکل شامل ۶ مرحله ۳۵ متر دویدن با حداکثر سرعت با ۱۰ ثانیه استراحت بین هر مرحله بود (۱۸) (شکل ۳-۱).

باعث بهبود عملکرد ورزشی می‌شود در حالی که یک دوره تک جلسه‌ای این کار را نمی‌کند کمترین دوز و مدت زمان مصرف سیترولین که گفته می‌شود برای بهبود عملکرد ورزشی لازم است ۲/۴ گرم در روز و به مدت هشت روز است (۱۵) علاوه بر این، یافته‌ها نشان داده است که ترکیب خوراکی سیترولین و آرژنین به طور هم‌افزایی سطح آرژنین پلاسما را در مقایسه با بلعیدن هر دو به تنهایی افزایش می‌دهد (۱۳، ۱۴) بنابراین هدف از مطالعه حاضر مقایسه تاثیر مصرف کوتاه مدت به تنهایی و ترکیبی از مکمل‌های ال- آرژنین و ال- سیترولین بر توان هوازی و بی‌هوازی فوتبالیست‌های جوان می‌باشد.

### روش کار

پژوهش حاضر، با توجه به اهداف پیش بینی شده، از نوع تحقیقات نیمه تجربی بود. طرح تحقیق به صورت پیش آزمون- پس آزمون با سه گروه تجربی و یک گروه کنترل (دارونما) بود. از بین داوطلبان شرکت‌کننده در کلاس‌های مدرسه فوتبال شهر تهران؛ ۶۰ فوتبالیست جوان مرد با دامنه سنی ۱۵ تا ۱۸ سال که به صورت در دسترس حاضر به همکاری و مشارکت داوطلبانه در تحقیق حاضر بودند، انتخاب و در ۴ گروه ۱۵ نفری مکمل ال- آرژنین، مکمل ال- سیترولین، ترکیبی از مکمل ال- آرژنین وال- سیترولین و دارونما قرار گرفتند. در جلسه توجیهی پس از توضیح کلیه مراحل تحقیق، فرم رضایت نامه تکمیل شد، همچنین رعایت نکات ضروری درباره تمرینات ورزشی، تغذیه، مصرف داروها، مصرف مواد دخانیات، استفاده از مکمل‌ها و مواد نیروزا به آزمودنی‌ها اطلاعاتی داده شد و مراحل عملیاتی تحقیق در خصوص شیوه و چگونگی انجام مراحل تحقیق به آزمودنی‌ها آگاهی نسبی داده شد و در ادامه پرسشنامه مشخصات فردی و پزشکی به روش خود اظهاری کامل شد. پیش از شروع آزمون‌ها تمام آزمودنی‌ها در حالت ۱۲ ساعت ناشتا به طوری که در ۲۴ ساعت قبل فعالیت بدنی شدید نداشته‌اند، جهت خونگیری به آزمایشگاه مراجعه نمودند. در ضمن به همه آزمودنی‌ها توصیه خواهد شد که چنانچه تغییر تغذیه‌ای در برنامه غذایی می‌دهند اعلام کنند. به علاوه، آزمودنی‌ها ۴۸ ساعت قبل از انجام آزمون، از انجام هرگونه فعالیت بدنی اجتناب جسته و وعده‌ی غذایی (صبحانه) آن‌ها قبل از آزمون مشابه بود. در پیش آزمون شرکت‌کنندگان به اجرای آزمون‌های یویو و آزمون RAST پرداختند. سپس دوره مصرف مکمل به مدت ۷ روز شروع شد. مکمل‌ها هر روز ساعت ۱۰ صبح مصرف شد (۱۶) ، و مقدار مکمل‌های ال- آرژنین و ال- سیترولین به تنهایی ۲/۴ گرم در روز بود که در گروه ترکیبی هر یک از مکمل‌ها ۱/۲ گرم مصرف شد (۱۶)



شکل ۳-۱- نمای شماتیک اجرای پروتکل تمرینی RAST

بر عدد ۶ نشان دهنده میانگین توان فرد مورد بررسی بود (۱۸)

**شاخص خستگی:** شاخص خستگی از تفاضل توان بیشینه از توان حداقل بخش بر زمان کل شش بار دویدن مسافت ۳۵ متر در آزمون RAST به دست آمد که بر حسب وات بر ثانیه محاسبه شد. در واقع در روش ارزیابی شاخص خستگی هر فرد، اوج توان، توان حداقل و کل زمان سپری شده در اجرای آزمون RAST مورد توجه قرار گرفت (۱۸)

### روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات، از روش‌های آمار توصیفی برای محاسبه شاخص‌های مرکزی و پراکندگی استفاده شد. از آزمون شاپیرو ویلک برای بررسی نرمال بودن داده‌ها استفاده شد. از آزمون لون برای بررسی برابری واریانس متغیرهای مورد نظر استفاده شد. در بخش آمار استنباطی، از آزمون تی وابسته برای تغییرات درون گروهی و از آزمون تحلیل کوواریانس تک متغیری برای مقایسه بین گروهی فرضیه‌های تحقیق استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد.

### یافته‌ها

ویژگی‌های آزمودنی‌های تحقیق در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

برای اجرای این آزمون، ابتدا آزمودنی‌ها به مدت ۱۰ دقیقه بدن خود را گرم نمودند. مدت زمان اجرای آزمون RAST در هر مرحله، بر حسب ثانیه و صدم ثانیه، به فاصله ۳۵ متر در سالن ورزشی ثبت شد. آزمودنی از خط استارت شروع به حرکت کرد و با عبور وی از خط پایان، زمان سنج متوقف شد. پس از گذشت ۱۰ ثانیه آزمودنی باید دور دوم دویدن را شروع کند. هر یک از آزمودنی‌ها، مسافت ۳۵ متری را شش بار، با سرعت تمام طی نمودند و زمان مربوط به هر مرحله ثبت شد.

**اوج توان:** توان بیشینه یا اوج توان فرد با استفاده از بیشترین مقدار عددی حاصل از اجرای آزمون RAST، بر حسب وات، به دست آمد. برای این کار از رابطه نسبت مربع مسافت طی شده بر مکعب زمان سپری شده برای طی کردن مسافت ۳۵ متر استفاده شد.

**حداقل توان:** توان حداقل، کمترین مقدار عددی حاصل از اجرای آزمون RAST، بر حسب وات، با استفاده از رابطه وزن ضرب در نسبت مربع مسافت طی شده بر مکعب زمان سپری شده در مسافت ۳۵ متر است (۱۸)

**میانگین توان:** میانگین توان نشان دهنده ظرفیت بی‌هوازی فرد است. با توجه به این که بازیکنان در اجرای آزمون RAST، شش بار مسافت ۳۵ متر را طی نمود، مجموع هر یک از توان‌های به دست آمده در هر یک از مراحل تقسیم

جدول شماره ۱. میانگین و انحراف معیار مربوط به سن، قد و وزن آزمودنی‌ها

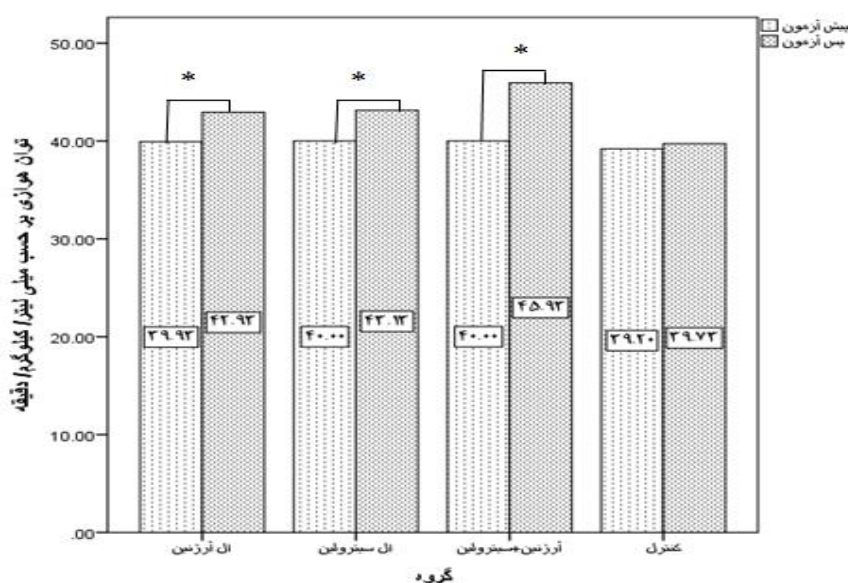
گروه	تعداد	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)
مکمل ال آرژنین	۱۵	۱۶/۶۶±۰/۸۹	۱۶۶/۶۰±۸/۸۰	۵۴/۴۶±۵/۴۷
مکمل ال سیتروولین	۱۵	۱۶/۸۶±۱/۳۰	۱۶۲/۶۰±۸/۳۳	۵۴/۰۶±۵/۹۸
آرژنین + سیتروولین	۱۵	۱۶/۶۰±۱/۱۲	۱۶۷/۹۳±۸/۵۷	۵۶/۶۰±۴/۸۶
دارونما	۱۵	۱۶/۵۳±۱/۱۸	۱۶۴/۶۰±۸/۶۴	۵۴/۲۶±۴/۹۳

نتایج حاکی از این بود که توان هوازی در اثر هفته مصرف مکمل ال آرژنین از پیش آزمون (۳۹/۹۳) تا پس آزمون (۴۲/۹۳) میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه افزایش معنی‌داری یافته است. دیگر نتایج حاکی از این است که مصرف کوتاه مدت (۷ روز)

نمودار شماره ۱- میزان توان هوازی آزمودنی‌ها را در گروه‌های مورد مطالعه قبل و پس از انجام مداخله نشان می‌دهد. نتایج نشان داد مصرف کوتاه مدت (۷ روز) مکمل ال آرژنین بر توان هوازی فوتبالیست‌های جوان تاثیر معنی‌داری دارد (P=۰/۰۱۶).

مقایسه با گروه ال- آرژنین (۰/۷۱) و ال- سیتروالین (۱/۰۹) می‌باشد. نتایج آزمون کوواریانس حاکی از این می‌باشد که بین گروه‌ها با اندازه اثر ۰/۴۰۶ در توان هوازی تفاوت معنی‌داری وجود دارد (F=۱۲/۵۴۴, P=۰/۰۰۱). نتایج آزمون پیگردی بنفرونی حاکی از این می‌باشد گروه مصرف مکمل ال آرژنین+ ال سیتروالین در مقایسه با مصرف به تنهایی مکمل ال آرژنین و ال سیتروالین به ترتیب با اختلاف میانگین ۲/۹۸۰ و ۲/۹۹۹ میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه توان هوازی بالاتری داشتند (P<۰/۰۵). اما بین مصرف تنهایی مکمل ال آرژنین و مکمل ال سیتروالین در توان هوازی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (P>۰/۰۵).

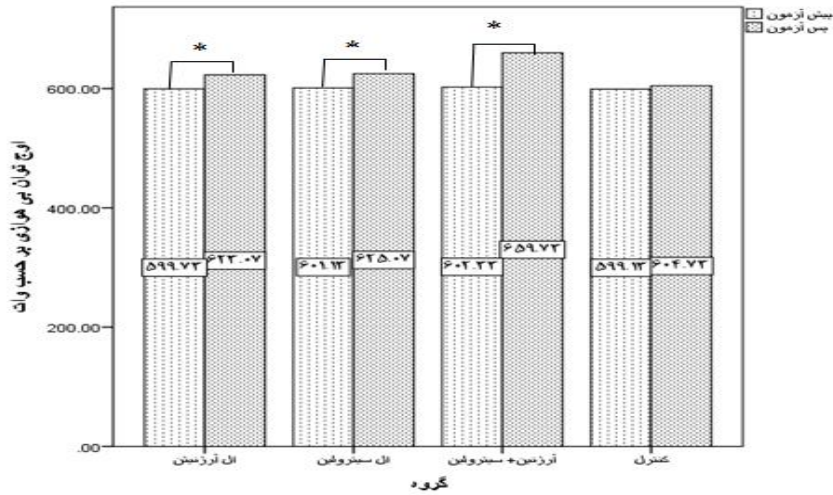
مکمل ال سیتروالین بر توان هوازی فوتبالیست‌های جوان تاثیر معنی‌داری دارد (P=۰/۰۰۱). نتایج حاکی از این بود که توان هوازی در اثر هفته مصرف مکمل ال سیتروالین از پیش آزمون (۴۰/۰۰) تا پس آزمون (۴۳/۱۳) میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه افزایش معنی‌داری یافته است. علاوه بر این، مصرف کوتاه مدت (۷ روز) مکمل ال آرژنین+ ال سیتروالین بر توان هوازی فوتبالیست‌های جوان تاثیر معنی‌داری دارد (P=۰/۰۰۱). نتایج حاکی از این بود که توان هوازی در اثر هفته مصرف مکمل ال آرژنین+ ال سیتروالین از پیش آزمون (۴۰/۰۰) تا پس آزمون (۴۵/۹۳) میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه افزایش معنی‌داری یافته است. دیگر نتایج حاکی از اندازه اثر بیشتر گروه ترکیبی (۱/۲۷) در



#### نمودار ۱- میانگین توان هوازی در گروه های مطالعه

حاکی از این بود که اوج توان بی‌هوازی در اثر هفته مصرف مکمل ال آرژنین+ ال سیتروالین از پیش آزمون (۶۰۲/۳۳) تا پس آزمون (۶۵۹/۷۳) وات افزایش معنی‌داری یافته است. دیگر نتایج حاکی از اندازه اثر بیشتر گروه ترکیبی (۲/۶۹) در مقایسه با گروه ال- آرژنین (۰/۹۷) و ال- سیتروالین (۱/۱۳) می‌باشد. نتایج آزمون کوواریانس حاکی از این می‌باشد که بین گروه‌ها با اندازه اثر ۰/۵۹۵ در اوج توان بی‌هوازی تفاوت معنی‌داری وجود دارد (F=۲۶/۹۸۲, P=۰/۰۰۱). نتایج آزمون پیگردی بنفرونی حاکی از این می‌باشد گروه مصرف مکمل ال آرژنین+ ال سیتروالین در مقایسه با مصرف به تنهایی مکمل ال آرژنین و ال سیتروالین به ترتیب با اختلاف میانگین ۳۶/۵۹۰ و ۳۴/۶۳۱ وات اوج توان بی‌هوازی بالاتری داشتند (P<۰/۰۵). اما بین مصرف تنهایی مکمل ال آرژنین و مکمل ال سیتروالین در اوج توان بی‌هوازی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (P>۰/۰۵).

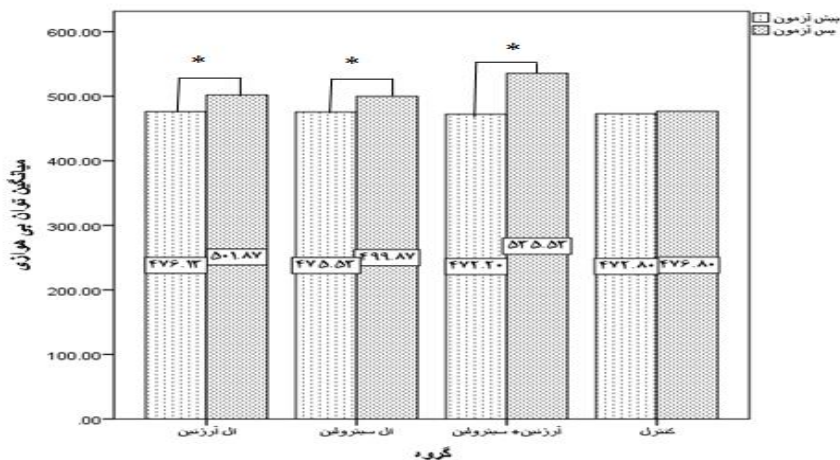
نمودار شماره ۲- میزان اوج توان بی‌هوازی آزمودنی ها را در گروه‌های مورد مطالعه قبل و پس از انجام مداخله نشان می‌دهد. مصرف کوتاه مدت (۷ روز) مکمل ال آرژنین بر اوج توان بی‌هوازی فوتبالیست‌های جوان تاثیر معنی‌داری دارد (P=۰/۰۰۲). نتایج حاکی از این بود که اوج توان بی‌هوازی در اثر هفته مصرف مکمل ال آرژنین از پیش آزمون (۵۹۹/۷۳) تا پس آزمون (۶۲۳/۰۶) وات افزایش معنی‌داری یافته است. دیگر نتایج جدول ۴-۶ حاکی از این است که مصرف کوتاه مدت (۷ روز) مکمل ال سیتروالین بر اوج توان بی‌هوازی فوتبالیست‌های جوان تاثیر معنی‌داری دارد (P=۰/۰۰۱). نتایج حاکی از این بود که اوج توان بی‌هوازی در اثر هفته مصرف مکمل ال سیتروالین از پیش آزمون (۶۰۱/۱۳) تا پس آزمون (۶۲۵/۰۶) وات افزایش معنی‌داری یافته است. علاوه بر این، مصرف کوتاه مدت (۷ روز) مکمل ال آرژنین+ ال سیتروالین بر اوج توان بی‌هوازی فوتبالیست‌های جوان تاثیر معنی‌داری دارد (P=۰/۰۰۱). نتایج



نمودار ۲- اوج توان بی هوازی در گروه های مطالعه

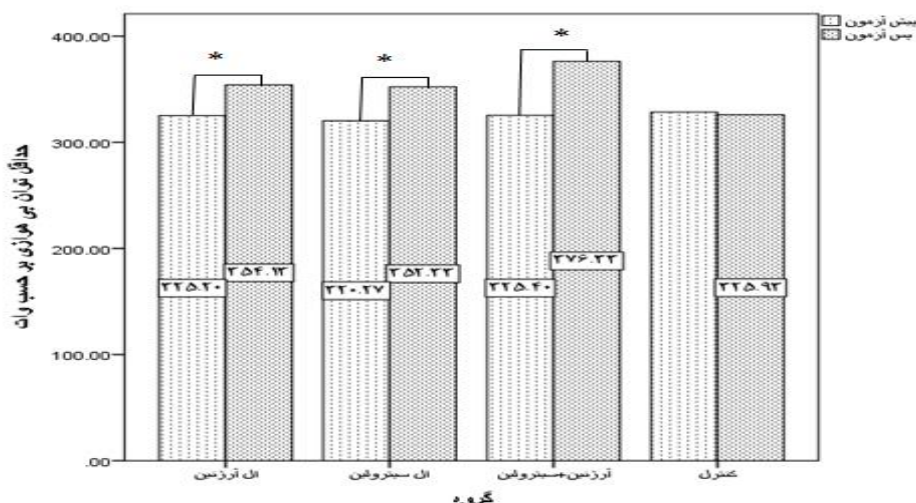
دارد ( $P=0/001$ ). نتایج حاکی از این بود که میانگین توان بی-هوازی در اثر هفته مصرف مکمل ال آرژنین+ ال سیتروولین از پیش آزمون (۴۷۲/۲۰) تا پس آزمون (۵۳۵/۵۳) وات افزایش معنی داری یافته است. دیگر نتایج حاکی از اندازه اثر بیشتر گروه ترکیبی (۲/۲۵) در مقایسه با گروه ال- آرژنین (۱/۲۱) و ال- سیتروولین (۱/۱۰) می باشد. نتایج آزمون کوواریانس حاکی از این می باشد که بین گروه‌ها با اندازه اثر ۰/۶۰۰ در میانگین توان بی هوازی تفاوت معنی داری وجود دارد ( $F=27/553, P=0/001$ ). نتایج آزمون پیگردی بنفرونی حاکی از این می باشد گروه مصرف مکمل ال آرژنین+ ال سیتروولین در مقایسه با مصرف به تنهایی مکمل ال آرژنین و ال سیتروولین به ترتیب با اختلاف میانگین ۳۳/۲۳۳ و ۳۵/۲۹۹ وات میانگین توان بی هوازی بالاتری داشتند ( $P<0/05$ ). اما بین مصرف تنهایی مکمل ال آرژنین و مکمل ال سیتروولین در میانگین توان بی هوازی تفاوت معنی داری وجود ندارد ( $P>0/05$ ).

نمودار شماره ۳- میزان میانگین توان بی هوازی آزمودنی ها را در گروه‌های مورد مطالعه قبل و پس از انجام مداخله نشان می دهد مصرف کوتاه مدت (۷ روز) مکمل ال آرژنین بر میانگین توان بی هوازی فوتبالیست‌های جوان تاثیر معنی داری دارد ( $P=0/001$ ). نتایج حاکی از این بود که میانگین توان بی هوازی در اثر هفته مصرف مکمل ال آرژنین از پیش آزمون (۴۷۶/۱۳) تا پس آزمون (۵۰۱/۸۶) وات افزایش معنی داری یافته است. دیگر نتایج جدول ۴-۸ حاکی از این است که مصرف کوتاه مدت (۷ روز) مکمل ال سیتروولین بر میانگین توان بی هوازی فوتبالیست‌های جوان تاثیر معنی داری دارد ( $P=0/001$ ). نتایج حاکی از این بود که میانگین توان بی هوازی در اثر هفته مصرف مکمل ال سیتروولین از پیش آزمون (۴۷۵/۵۳) تا پس آزمون (۴۹۹/۸۶) وات افزایش معنی داری یافته است. علاوه بر این، مصرف کوتاه مدت (۷ روز) مکمل ال آرژنین+ ال سیتروولین بر میانگین توان بی هوازی فوتبالیست‌های جوان تاثیر معنی داری



نمودار ۳- میانگین توان بی هوازی در گروه های مطالعه

دارد ( $P=0/001$ ). نتایج حاکی از این بود که حداقل توان بی-هوازی در اثر هفته مصرف مکمل ال آرژنین+ ال سیترولین از پیش آزمون ( $325/40$ ) تا پس آزمون ( $376/33$ ) وات افزایش معنی داری یافته است. دیگر نتایج حاکی از اندازه اثر بیشتر گروه ترکیبی ( $1/90$ ) در مقایسه با گروه ال- آرژنین ( $1/49$ ) و ال- سیترولین ( $1/68$ ) می باشد. نتایج آزمون کوواریانس از این می-باشد که بین گروهها با اندازه اثر  $0/576$  در حداقل توان بی-هوازی تفاوت معنی داری وجود دارد ( $F=244/919, P=0/001$ ). نتایج آزمون پیگردی بنفرونی حاکی از این می باشد گروه مصرف مکمل ال آرژنین+ ال سیترولین در مقایسه با مصرف به تنهایی مکمل ال آرژنین و ال سیترولین به ترتیب با اختلاف میانگین  $22/190$  و  $23/741$  وات حداقل توان بی-هوازی بالاتری داشتند ( $P<0/05$ ). اما بین مصرف تنهایی مکمل ال آرژنین و مکمل ال سیترولین در حداقل توان بی-هوازی تفاوت معنی داری وجود ندارد ( $P>0/05$ ).



#### نمودار ۴- حداقل توان بی هوازی در گروه های مطالعه

سیترولین بر شاخص خستگی فوتبالیستهای جوان تاثیر معنی-داری دارد ( $P=0/001$ ). نتایج حاکی از این بود که شاخص خستگی در اثر هفته مصرف مکمل ال آرژنین+ ال سیترولین از پیش آزمون ( $42/66$ ) تا پس آزمون ( $36/40$ ) درصد کاهش معنی داری یافته است. دیگر نتایج حاکی از اندازه اثر بیشتر گروه ترکیبی ( $3/86$ ) در مقایسه با گروه ال- آرژنین ( $1/61$ ) و ال- سیترولین ( $0/93$ ) می باشد. نتایج آزمون کوواریانس حاکی از این می باشد که بین گروهها با اندازه اثر  $0/601$  در شاخص خستگی تفاوت معنی داری وجود دارد ( $F=27/651, P=0/001$ ). نتایج آزمون پیگردی بنفرونی حاکی از این می باشد گروه مصرف مکمل ال آرژنین+ ال سیترولین در مقایسه با مصرف به تنهایی مکمل ال آرژنین و ال سیترولین به ترتیب با اختلاف میانگین  $2/099$  و  $3/292$  درصد شاخص خستگی پایین تری داشتند

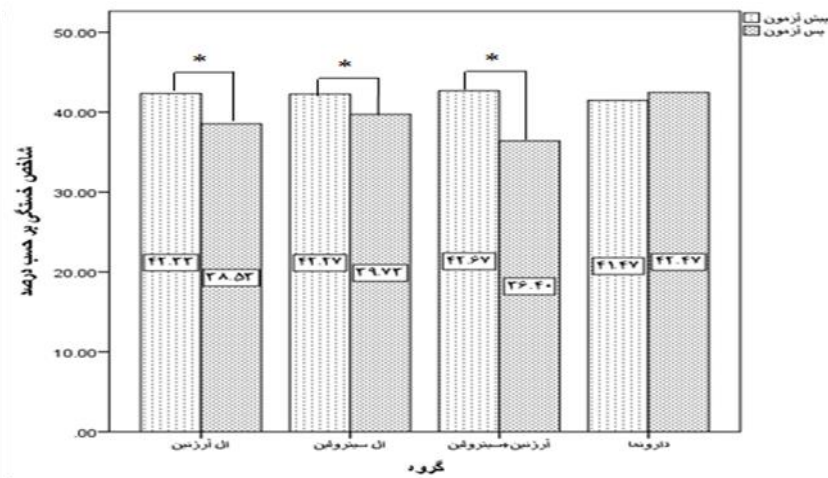
نمودار شماره ۴- میزان حداقل توان بی هوازی آزمودنی ها را در گروههای مورد مطالعه قبل و پس از انجام مداخله نشان می دهد مصرف کوتاه مدت (۷ روز) مکمل ال آرژنین بر حداقل توان بی-هوازی فوتبالیستهای جوان تاثیر معنی داری دارد ( $P=0/001$ ). نتایج حاکی از این بود که حداقل توان بی-هوازی در اثر هفته مصرف مکمل ال آرژنین از پیش آزمون ( $325/20$ ) تا پس آزمون ( $354/13$ ) وات افزایش معنی داری یافته است. دیگر نتایج جدول ۴-۱۰ حاکی از این است که مصرف کوتاه مدت (۷ روز) مکمل ال سیترولین بر حداقل توان بی-هوازی فوتبالیستهای جوان تاثیر معنی داری دارد ( $P=0/001$ ). نتایج حاکی از این بود که حداقل توان بی-هوازی در اثر هفته مصرف مکمل ال سیترولین از پیش آزمون ( $320/26$ ) تا پس آزمون ( $352/33$ ) وات افزایش معنی داری یافته است. علاوه بر این، مصرف کوتاه مدت (۷ روز) مکمل ال آرژنین+ ال سیترولین بر حداقل توان بی-هوازی فوتبالیستهای جوان تاثیر معنی داری

نمودار شماره ۵- میزان شاخص خستگی آزمودنی ها را در گروههای مورد مطالعه قبل و پس از انجام مداخله نشان می دهد مصرف کوتاه مدت (۷ روز) مکمل ال آرژنین بر شاخص خستگی فوتبالیستهای جوان تاثیر معنی داری دارد ( $P=0/001$ ). نتایج حاکی از این بود که شاخص خستگی در اثر هفته مصرف مکمل ال آرژنین از پیش آزمون ( $42/33$ ) تا پس آزمون ( $38/53$ ) درصد کاهش معنی داری یافته است. دیگر نتایج جدول ۴-۱۲ حاکی از این است که مصرف کوتاه مدت (۷ روز) مکمل ال سیترولین بر شاخص خستگی فوتبالیستهای جوان تاثیر معنی داری دارد ( $P=0/003$ ). نتایج حاکی از این بود که شاخص خستگی در اثر هفته مصرف مکمل ال سیترولین از پیش آزمون ( $42/26$ ) تا پس آزمون ( $39/73$ ) درصد کاهش معنی داری یافته است. علاوه بر این، مصرف کوتاه مدت (۷ روز) مکمل ال آرژنین+ ال



$(P > 0.05)$  $(P < 0.05)$  اما بین مصرف تنهایی مکمل ال آرژنین و مکمل ال

سیتروالین در شاخص خستگی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد



نمودار ۵- شاخص خستگی در گروه‌های مطالعه

## بحث

نشان داد که مصرف ۷ روز مکمل ال سیتروالین بر توان هوازی فوتبالیست‌های جوان تاثیر معنی‌داری دارد و باعث افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی فوتبالیست‌های جوان گردید. در این مورد، برخی مطالعات نشان داده‌اند که یک بار مصرف خوراکی Cit عملکرد ورزشی را بهبود نمی‌بخشد (۲۲، ۲۳) در این مورد، کاترفلو و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای به بررسی تاثیر مکمل‌های ال-سیتروالین و آب هندوانه بر عملکرد ورزش‌های بی‌هوازی و هوازی پرداختند. نتایج نشان داد که مصرف ال سیتروالین و آب هندوانه هیچ تاثیر معنی‌داری بر تعداد کل تکرارها، زمان خستگی،  $VO_{2max}$ ، آستانه بی‌هوازی یا گشاد شدن عروق با واسطه جریان وجود نداشتند (۲۳) اما دیگر مطالعات نشان داده‌اند که ۶-۷ روز مکمل ال سیتروالین باعث بهبود عملکرد ورزشی می‌شود (۱۳، ۲۴) در این مورد، بیلی و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای به بررسی این موضوع پرداختند که مصرف مکمل ال-سیتروالین اکسیژن مصرفی و عملکرد تمرین تناوبی شدید را بهبود می‌بخشد (۲۴) همچنین، سوزوکی و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای به بررسی این موضوع پرداختند که مکمل خوراکی ال-سیتروالین باعث افزایش عملکرد دوچرخه سواری در مردان آموزش دیده سالم می‌شود (۱۵) بر خلاف مطالعه حاضر، کانیف و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی تاثیر مکمل سازی کوتاه مدت سیتروالین بر عملکرد فعالیت دوچرخه سواری با شدت بالا پرداخته و گزارش کرده‌اند که ۱۲ گرم مکمل سازی سیتروالین به صورت تک وهله‌ای، تأثیری بر برون ده توانی مردان تمرین کرده ندارد (۲۵) یکی از دلایل

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که مکمل ال آرژنین بر توان هوازی فوتبالیست‌های جوان تاثیر معنی‌داری دارد و باعث افزایش توان هوازی فوتبالیست‌های جوان گردید. همراستا با این یافته، امیرسازان و همکاران (۱۳۹۹) نشان دادند که مصرف یک هفته مکمل ال آرژنین باعث افزایش توان هوازی، نیتریک اکساید استراحتی و پاسخ نیتریک اکساید به آزمون شبیه‌سازی شده کشتی گردید. (۱۹) همچنین همخوان با یافته مطالعه حاضر در مطالعه‌ای بررسی اثرات مکمل ال-آرژنین در عملکرد ورزشی بر اساس متابولیسم انرژی پرداختند. نتایج نشان داد که پروتکل‌های مکمل ال-آرژنین حاد برای بهبود عملکرد هوازی و بی‌هوازی باید به ۰/۱۵ گرم در کیلوگرم وزن بدن مصرف شده بین ۶۰-۹۰ دقیقه قبل تنظیم شود (۲۰) با این حال، ناهمسو با نتایج مطالعه حاضر، لیو و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کرده‌اند که مکمل سازی ال-آرژنین (دریافت ۶ گرم ال-آرژنین یا دارونما به مدت ۳ روز) تاثیر معنی‌داری بر عملکرد ورزشی و پاسخ لاکتات متعاقب یک فعالیت ورزشی تناوبی ندارد (۲۱) این محققان استدلال کردند که احتمالاً تجزیه شدن ال-آرژنین توسط آنزیم آرژیناز ۲- در روده کوچک، مانع افزایش سطوح آرژنین پلاسما و در نتیجه مانع از اثرگذاری آن می‌شود. به طور کلی، آرژنین یک اسید آمینه است که به دلیل اینکه در سنتز و فراهمی زیستی اکسید نیتریک مشارکت دارد، یک گشادکننده عروق را نشان داده است (۵) به همین دلیل، مکمل آرژنین توسط ورزشکاران به منظور دستیابی به پیشرفت در عملکرد ورزشی استفاده شده است دیگر نتایج مطالعه حاضر

در روده کوچک متابولیزه نمی‌شود و از تخریب Arg توسط آرژیناز جلوگیری می‌کند. بنابراین، Cit + Arg خوراکی از نظر هم افزایی میزان پلازما را در موش و انسان در مقایسه با مصرف هر دو به تنهایی افزایش می‌دهد (۲۹، ۳۱) آرژینین در گردش توسط eNOS به NO و Cit تبدیل می‌شود. سیترولین پس از آن توسط ASS1 و ASL در چرخه کارآمد تولید NO در سیستم گردش خون به Arg بازیافت می‌شود (۳۲) در مطالعه سوزوکی و همکاران (۲۰۱۹)، سطح سیترولین پلازما پس از مصرف Cit + Arg به طور قابل توجهی افزایش یافت. این ممکن است این توضیح را ارائه دهد، زیرا سرکوب آرژیناز، با واسطه Cit، احتمالاً به افزایش قابل توجهی در دسترس بودن Arg کمک می‌کند (۱۶) با این حال، در مطالعه سوزوکی و همکاران (۲۰۱۷) افزایش سطح Arg در روز پس از مصرف Cit و Arg (۱ گرم در روز از هر یک) به مدت ۷ روز نشان داده نشد (۲۹) اما در مطالعه سوزوکی و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد شد که مصرف خوراکی Cit + Arg (۱/۲ گرم در روز به مدت ۶ روز) در مقایسه با دارونما به طور قابل توجهی باعث افزایش سطح Arg پلازما می‌شود (۱۶) شرکت کنندگان مکمل را بعد از ساعت ۱۵:۰۰ مصرف نکردند و خونگیری ۱۷ ساعت پس از مصرف نهایی جمع آوری شد. بنابراین ترکیب Cit + Arg (هر کدام ۲/۱ گرم در روز) باعث افزایش و حفظ غلظت Arg پلازما می‌شود. اختلاف غلظت Arg در پلازما بین مطالعات سوزوکی و همکاران (۲۰۱۷) و مطالعه سوزوکی و همکاران (۲۰۱۹) می‌تواند به دلیل تفاوت در دوزها و ویژگی‌های زمینه‌ای شرکت‌کنندگان باشد، که در مطالعه سوزوکی و همکاران (۲۰۱۷) از مردان چاق به عنوان نمونه استفاده شده بود؛ در حالیکه در مطالعه سوزوکی و همکاران (۲۰۱۹) از ورزشکاران دانشگاهی به عنوان نمونه تحقیق استفاده شده بود. فعالیت آرژیناز در بیماران مبتلا به فشار خون و دیابت بیشتر است و این امر فراهمی زیستی Arg را کاهش می‌دهد. نتایج مطالعه حاضر در عملکرد بی‌هوای نشان داد که مصرف ۷ روز مکمل ال آرژینین بر عملکرد بی‌هوای (افزایش اوج، میانگین و حداقل توان بی-هوای و کاهش شاخص خستگی) تاثیر معنی‌داری دارد. این یافته با یافته مطالعه امیرساسان و همکاران (۱۳۹۹) ناهمخوان می‌باشد. در این مورد امیرساسان و همکاران (۱۳۹۹) نشان دادند که یک هفته مکمل‌سازی ال-آرژینین بر توان بی‌هوای کشتی-گیران تاثیر معنی‌داری ندارد (۱۹) احتمالاً از دلایل ناهمخوانی می‌تواند نوع آزمون استفاده شده برای سنجش توان بی‌هوای باشد چون در مطالعه امیرساسان و همکاران (۱۳۹۹) از آزمون شبیه‌سازی شده کشتی استفاده کردند. با توجه به عملکرد بی‌هوای، مصرف مزمن مکمل (۴۵-۵۶ روز آرژینین) با دوز کم (۲)

ناهمسویی این نتایج با مطالعه حاضر، احتمالاً ناشی از میزان آمادگی آزمودنی‌ها است؛ به طوری که سرعت پیشرفت ورزشکارانی که آمادگی پایین‌تری دارند، بیشتر از افراد تمرین کرده است. در کل، با توجه به محدود بودن تحقیقات در مورد اثر مکمل‌سازی سیترولین بر توان هوایی و بی‌هوایی دستیابی به یک نتیجه‌گیری قطعی دشوار بوده و نیاز به تحقیقات بیشتری دارد. به طور کلی، برخلاف ال-آرژینین، ال-سیترولین در متابولیسم کبدی درگیر نشده و توسط آنزیم‌های آرژیناز تخریب نمی‌شود. این جنبه منحصر به فرد سیترولین ممکن است آن را به روش مؤثرتری در افزایش اکسید نیتریک نسبت به ال-آرژینین تبدیل کند (۲۶) توجه به این نکته حائز اهمیت است که سیترولین نه تنها با جلوگیری از کاتابولیسم آرژینین در محور روده‌ای-کلیوی، مقدار سیستمیک آرژینین را افزایش می‌دهد، بلکه با توجه به اینکه سیترولین می‌تواند به عنوان مهارکننده آلوستریک آرژیناز عمل کند، ممکن است دسترسی زیستی آرژینین را نیز افزایش دهد (۲۷). با توجه به شواهدی که نشان دهنده تعدیل تأثیرات CIT در بافت چربی موش‌ها به وسیله نیتریک اکساید است (۲۸)، این امکان وجود دارد که CIT بتواند میزان آرژینین را در سطح کافی بازگرداند و تأثیرات مثبت آن را از طریق NO در افراد مسن تعدیل کند. دیگر نتایج نشان داد که مصرف ترکیبی از مکمل ال آرژینین و ال سیترولین بر افزایش توان هوایی فوتبالیست‌های جوان تاثیر معنی‌داری دارد و در مقایسه با مصرف جداگانه مکمل‌های ال آرژینین و ال سیترولین باعث افزایش بیشتر توان هوایی فوتبالیست‌های جوان گردید. همخوان با مطالعه حاضر، در مطالعه سوزوکی و همکاران (۲۰۱۹) عملکرد در تست پدال زدن ۱۰ دقیقه‌ای را نشان داد که پس از ۷ روز مصرف مکمل Cit + Arg افزایش می‌یابد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که برای بهبود عملکرد ورزشی، Cit و Arg باید به طور مداوم مصرف شوند (۱۶). آرژینین و سیترولین، به صورت جداگانه و به صورت ترکیبی، سطح NO سنتاز اندوتلیال را بالا می‌برند و میزان آرژیناز را در سلول‌های اندوتلیال عروقی انسان (HUVECs) پس از ۳ روز انکوباسیون کاهش می‌دهند (۱۸) مدت زمان مصرف Arg و Cit ممکن است ظرفیت اندوتلیال را برای تولید NO تغییر دهد. آرژینین مصرف شده در معرض تجزیه آرژیناز به اورنیتین در دستگاه گوارش و کبد است و بنابراین نمی‌تواند به طور متمرکز سطح Arg را افزایش یا حفظ کند. در مطالعات پیشین نشان داده شده است که سطح Arg پلازما پس از مصرف ۲ گرم Arg در مدت ۴ ساعت به سطح اولیه بازگشت (۲۹). این می‌تواند دلیل این امر باشد که برای بهبود عملکرد ورزشی در افراد سالم، دوزهای بالای ۶ تا ۱۴/۲ گرم در روز مورد نیاز است (۲۰، ۳۰) سیترولین

گرم در روز) و زیاد (۱۲ گرم در روز) می‌تواند باعث بهبود عملکرد در یک تکرار بیشینه پرس نیمکت، آزمون وینگیت و  $VO_{2max}$  شود (۳۳، ۳۴) این اثرهای مثبت مرتبط با توان را می‌توان توضیح داد زیرا آرژنین باعث افزایش هورمون آزاد کننده رشد می‌شود، هورمون مهارکننده رشد را سرکوب می‌کند و فاکتور رشد ۱ انسولین مانند (IGF-1) را افزایش می‌دهد علاوه بر این، آرژنین نقش اساسی در سنتز کراتین، بستر اصلی سیستم فسفاژن و عملکرد بی‌هوازی دارد. با این حال، نویسندگان دیگر پس از خوردن ۶ گرم در روز آرژنین در پروتکل‌های حاد و مزمن هیچ مزیتی در قدرت عضل، حداکثر تعداد تکرار و توان دو سرعت پیدا نکردند (۳۵، ۳۶) تلاش‌های انفجاری (۶ ثانیه‌ای)، با شدت زیاد (کمتر از یک دقیقه) و فشرده (کمتر از ۵ دقیقه) توسط توان و ظرفیت بی‌هوازی تعیین می‌شود، اما تفاوت‌هایی در مورد نیازهای متابولیکی و فیزیولوژیکی بین آن وجود دارد. از نظر سوخت و ساز بدن، بسترهای اصلی سوخت برای تولید سریع ATP در ورزش‌های بی‌هوازی، فسفوکرآتین و لاکتات است. بنابراین، محتوای کراتین عضلانی، توان گلیکولیتیک و ظرفیت بافر از عوامل تعیین کننده هستند از طرف دیگر، از نظر فیزیولوژیکی، مکانیسم‌های عصبی عضلانی، عملکرد انقباض عضلانی و عوامل ساختاری مانند ترکیب فیبر عضلانی (نوع II) برای اطمینان از عملکرد با شدت بالا ضروری است (۳۷) دیگر نتایج این بخش نشان داد که مصرف ۷ روز مکمل ال سیتروولین باعث بهبود عملکرد بی‌هوازی (افزایش اوج، میانگین و حداقل توان بی‌هوازی و کاهش شاخص خستگی) فوتبالیست‌های جوان گردد. همخوان با مطالعه حاضر ریحانی و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه‌ای به تعیین تاثیر مصرف حاد مکمل سیتروولین بر سطح لاکتات خون و شاخص‌های اوج توان بی‌هوازی، میانگین توان بی‌هوازی، شاخص خستگی توان بی‌هوازی و درک فشار پس از فعالیت مردان فوتبالیست پرداختند. نتایج نشان داد که مصرف حاد مکمل سیتروولین می‌تواند باعث افزایش قابل توجهی در اوج و میانگین توان بی‌هوازی و کاهش معناداری در لاکتات، شاخص خستگی توان بی‌هوازی و احساس درک فشار پس از فعالیت شود. (۳۸) اما در مطالعه‌ای ناهمخوان، کوترفلو و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای به بررسی تاثیر مصرف مکمل ال - سیتروولین و مکمل آب هندوانه بر عملکرد بی‌هوازی پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که یک دوز واحد از ال - سیتروولین یا آب هندوانه به عنوان یک مکمل قبل از ورزش در بهبود عملکرد بی‌هوازی بی اثر است. با این حال، ثابت شده است که دوزهای بیشتری از ال - سیتروولین ایمن است و در حال حاضر بررسی نشده است. (۲۳) همچنین، امیرساسان و همکاران (۱۳۹۹) نشان دادند که یک هفته مکمل‌سازی ال - آرژنین بر

توان بی‌هوازی کشتی‌گیران تاثیر معنی‌داری ندارد. (۱۹) احتمالاً از دلایل ناهمخوانی می‌تواند نوع آزمون استفاده شده برای سنجش توان بی‌هوازی باشد چون در مطالعه امیرساسان و همکاران (۱۳۹۹) از آزمون شبیه‌سازی شده کشتی استفاده کردند. به طور کلی، سیتروولین می‌تواند از طریق پاکسازی نیتروژن (آمونیم) در کبد، به کاهش لاکتات تولیدی و افزایش اوره تولیدی بینجامد. افزایش غلظت آمونیم با افزایش گلیکولیز بی‌هوازی و در نتیجه، افزایش اسید لاکتیک و خستگی عضلانی همراه است. از این رو، مکمل‌یاری با سیتروولین می‌تواند با افزایش پاکسازی آمونیاک تولید شده در چرخه اوره، به کاهش تجمع آمونیم و به دنبال آن، کاهش اتکاء به سوخت و ساز بی-هوازی (به ویژه گلیکولیز) و بالطبع، کاهش تولید و تجمع لاکتات و اوره منجر شود (۳۹، ۴۰) علاوه بر این، مالات (یا اسید مالیک) به عنوان یک میانجی چرخه کربس و شاتل لاکتات می‌تواند با افزایش سوخت و ساز هوازی و افزایش برداشت لاکتات، باعث کاهش تولید و تجمع لاکتات و به دنبال آن، افزایش توان بی‌هوازی و کاهش خستگی عضلانی شود (۲۳، ۴۰) دیگر نتایج مطالعه حاضر حاکی از این بود که مصرف ترکیبی مکمل‌های ال آرژنین و ال سیتروولین بر بهبود عملکرد بی‌هوازی (افزایش اوج، میانگین و حداقل توان بی‌هوازی و کاهش شاخص خستگی) فوتبالیست‌های جوان تاثیر معنی‌داری دارد. همچنین نتایج حاکی از این بود که عملکرد بی‌هوازی فوتبالیست‌های جوان در ترکیبی از مکمل‌های ال آرژنین و ال سیتروولین بیشتر از مصرف جداگانه مکمل ال آرژنین و ال سیتروولین بود. همخوان با مطالعه حاضر، امیرساسان و همکاران (۱۳۹۹) نشان دادند که یک هفته مکمل‌سازی ال آرژنین و ال سیتروولین به صورت ترکیبی بر توان بی‌هوازی کشتی‌گیران نخبه تاثیر معنی‌داری دارد (۱۹) در مورد این اثر ترکیبی و بهتر بودن نسبت به اثر جداگانه مصرف مکمل‌های ال آرژنین و ال سیتروولین می‌توان به استدلال موریتا و همکاران (۲۰۱۴) اشاره نمود (۱۴) موریتا و همکاران (۲۰۱۴) معتقدند که مکمل خوراکی با ترکیبی از ال - سیتروولین و ال - آرژنین به سرعت غلظت ال - آرژنین در پلاسما را افزایش می‌دهد و فراهمی زیستی اکساید نیتریک را افزایش می‌دهد. نتایج حاکی از این است که مکمل ال - سیتروولین همراه با ال - آرژنین باعث افزایش سریع‌تر سطح ال - آرژنین و افزایش قابل توجه نیتریک اکساید از فراهمی زیستی نیتریک اکساید، از جمله غلظت cGMP پلاسما، نسبت به دوز با اسیدهای آمینه منفرد می‌شود. مطالعات نسبتاً اخیر نشان داده‌اند که مکمل ترکیبی از L-Arg و L-Cit می‌تواند به طور بالقوه غلظت L-Arg پلاسما را افزایش دهد و به سرعت قابلیت فراهمی زیستی NO را افزایش دهد (۴۱) با این حال،

کرده‌اند (۴۵) با این حال، تا به امروز، ارزیابی این نتایج در برابر طیف متنوعی از غلظت‌های مصرف شده انجام نشده است.

### نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج مطالعه حاضر نشان داد که مکمل‌های ال-آرژنین، ال-سیترولین و ترکیبی از ال-آرژنین و ال-سیترولین بر افزایش توان هوازی و توان بی‌هوازی (اوج توان، میانگین توان و حداقل توان) و کاهش درصد خستگی فوتبالیست‌های جوان تاثیر معنی‌داری دارند. دیگر نتایج حاکی از این بود که ترکیبی از مکمل ال-آرژنین و ال-سیترولین در مقایسه با ال-آرژنین و ال-سیترولین به تنهایی باعث افزایش بیشتر توان هوازی و توان بی‌هوازی فوتبالیست‌های جوان گردید.

### تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از نتایج پایان نامه در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۴۰۱ و همچنین پژوهانه نویسنده است که مراتب قدردانی خود را از همکاران محترمی که در انجام این پژوهش مساعدت فرمودند اعلام می‌داریم.

### سهم نویسندگان

تمامی نویسندگان معیارهای استاندارد نویسندگی بر اساس پیشنهادات کمیته بین‌المللی ناشران مجلات پزشکی را دارا بودند.

### تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ گونه تضاد منافی در پژوهش وجود ندارد.

استفاده از این دو اسید آمینه گزارش اجماع مختصری در مورد اثرات آن‌ها به عنوان کمک‌های ارگوژنیک تغذیه‌ای، چه به صورت جداگانه و چه به صورت ترکیبی، احتمالاً به دلیل عدم سازگاری در غلظت‌های آزمایش شده (عمدتاً کمتر از ۶ گرم هر کدام) به عنوان مکمل‌های حاد می‌باشد (۳۳) از جمله، عملکرد استقامتی به تعامل بین تعدادی از عوامل فیزیولوژیکی مرکزی و محیطی بستگی دارد (۴۲) عامل اصلی تمایز عملکرد استقامتی، اقتصاد دویدن (RE) است، که به عنوان تقاضای انرژی برای سرعت مشخص دویدن حداکثر تعریف می‌شود و می‌تواند با اندازه‌گیری میزان مصرف اکسیژن در حالت پایدار تعیین شود (۴۳). پاسخ‌های قلبی عروقی، اکسیژن رسانی به بدن و استفاده از آن در هنگام ورزش، نقش اساسی در تعیین عملکرد اقتصاد دویدن و عملکرد کلی دارد (۴۲) علاوه بر این، هیچ فراهم زیستی برای اصلاح عملکرد استقامتی با تمرکز ویژه بر پاسخ‌های قلبی عروقی (از طریق اتساع عروق) ندارد و مکمل‌های L-Arg و / یا L-Cit ممکن است یک عامل اصلی برای بهینه سازی بالقوه این فرایندها باشند. با وجود مزایای فیزیولوژیکی مرتبط با L-Arg و L-Cit در غلظت‌های ۳ تا ۸ گرم، مطالعات کمی اثر این اسیدهای آمینه را در افراد ورزشی، تفریحی و غیر تفریحی بررسی کرده‌اند (۴۴) به طور کلی، مطالعات با استفاده از اسیدهای آمینه یا هر دو به طور ترکیبی، پارامترهای عمدتاً فیزیکی و قابل درک ورزش مانند فشار خون (BP)، زمان دو سرعت، ارتفاع پرش یا میزان خستگی ادراکی (RPE) را بررسی

## References

1. Di Salvo V, Baron R, González-Haro C, Gormasz C, Pigozzi F, Bachl N. Sprinting Analysis of Elite Soccer Players during European Champions League and UEFA Cup Matches. *J Sports Sci* 2010;28:1489-94.
2. Krstrup P, Mohr M, Ellingsgaard H, Bangsbo J. Physical Demands during an Elite Female Soccer Game: Importance of Training Status. *Med Sci Sports Exerc* 2015;37:1242-8.
3. Krstrup P, Mohr M, Steensberg A, Bencke J, Kjaer M, Bangsbo J. Muscle and Blood Metabolites during a Soccer Game: Implications for Sprint Performance. *Med Sci Sports Exerc* 2016;38:1165-74.
4. Baltazar-Martins GBdS, D.; Aguilar-Navarro, M.; Munoz-Guerra, J.; Plata, M.D.M.; Del Coso, J. . Prevalence and patterns of dietary supplement use in elite Spanish athletes. *J Int Soc Sports Nutr*. 2019(16-30).
5. Kerksick CMW, C.D.; Roberts, M.D.; Smith-Ryan, A.; Kleiner, S.M.; Jager, R.; Collins,

- R.; Cooke, M.; Davis, J.N.; Galvan, E.; et al. ISSN exercise & sports nutrition review update: Research & recommendations. *J Int Soc Sports Nutr*. 2018:15-38.
6. Nisoli E CE, Paolucci C et al. Mitochondrial biogenesis in mammals: the role of endogenous nitric oxide. *Science* 2003;299:896-9.
7. Bailey SJ WP, Vanhatalo A et al. Dietary nitrate supplementation reduces the O<sub>2</sub> cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. *J Appl Physiol* 2009;107:1144-55.
8. AM J. Dietary nitrate supplementation and exercise performance. *Sport Med* 2014;44:35-45.
9. Cermak NM RP, Stinkens R et al No improvement in endurance performance after a single dose of beetroot juice. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2012;22:470-8.
10. Boorsma RK WJ, Spriet LL Beetroot juice supplementation does not improve performance of

- elite 1500-m runners. . *Med Sci Sport Exerc.* 2014;46:2326-34.
11. Siasos G TD, Vlachopoulos C et al Short-term treatment with l-arginine prevents the smoking-induced impairment of endothelial function and vascular elastic properties in young individuals. *Int J Cardiol* 2008;126:394-9.
  12. Fricke O BN, Heer M et al. The effect of l-arginine administration on muscle force and power in postmenopausal women. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2008;28:307-11.
  13. Suzuki T MM, 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.
  14. Morita MH, T.; Ochiai, M.; Maeda, M.; Yamaguchi, T.; Ina, K.; Kuzuya, M. Oral supplementation with a combination of l-citrulline and l-arginine rapidly increases plasma l-arginine concentration and enhances NO bioavailability. *Biochem Biophys Res Commun.* 2014;454:53-7.
  15. Suzuki T MM, 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.
  16. Suzuki I. S, K., Horiike, T., Kishi, T., Yabe, J., Suzuki, T., Morita, M., Nishimura, A., Suzuki, Y. A combination of oral l -citrulline and l -arginine improved 10-min full-power cycling test performance in male collegiate soccer players: a randomized crossover trial. *European Journal of Applied Physiology.* . 2019;119:1075-84.
  17. Bangsbo J IF, Krstrup P. The yo-yo intermittent recovery test: A useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Med* 2009;38(1):37-51.
  18. Nikbakht H KS, Ebrahim K. The Effects Of Tapering On Repeated Sprint Ability (Rsa) And Maximal Aerobic Power In Male Soccer Players. *American Journal Of Scintific Reserch.* 2011:125-33.
  19. Amir Sasan R SA, Vakili J. . Comparison of the effect of one week of citrulline-malate, L-arginine and combined supplementation on the indicators of metabolic pressure and performance of male wrestlers. *Applied studies of biological sciences in sports.* 2019;8(16):20-32.
  20. Koppo K TY, Pottier A, Boone J, Bouckaert J, Derave W. Dietary Arginine Supplementation Speeds Pulmonary Vo2 Kinetics During Cycle Exercise. . *Medicine And Science In Sports And Exercise.* 2009;41(8):1626-32.
  21. Liu TH, Wu CL, Chiang CW, Lo YW, Tseng HF, Chang CK. No effect of short-term arginine supplementation on nitric oxide production, metabolism and performance in intermittent exercise in athletes. *The Journal of Nutritional Biochemistry.* 2009;20(6):462-8.
  22. Hickner RC TC, Evans CA et al l-citrulline reduces time to exhaustion and insulin response to a graded exercise test. *Med Sci Sports Exerc* 2016;38:660-6.
  23. Cutrufello PT, Gadowski, S. J., & Zavorsky, G. S. The effect of l-citrulline and watermelon juice supplementation on anaerobic and aerobic exercise performance. . *Journal of Sports Sciences.* 2015;33(14):1459-66.
  24. Bailey SJ BJ, Lord T et al. l-citrulline supplementation improves O<sub>2</sub> uptake kinetics and high-intensity exercise performance in humans. *J Appl Physiol* 2015;119:385-95.
  25. Cunniffe B, Papageorgiou, M., O'Brien, B., Davies, N. A., Grimble, G. K., & Cardinale, M. . Acute citrulline-malate supplementation and high-intensity cycling performance. . *Journal of Strength and Conditioning Research.* 2016;30(9):2638-47.
  26. Gonzales JUR, A.; Ashley, J.; Kim, Y. *Physiol.* Does l-citrulline supplementation improve exercise blood flow in older adults? *Exp. Physiol.* 2017;102:1661-71.
  27. van de Poll MC SP, Deutz NE, Fearon KC, Dejong CH. . Renal metabolism of amino acids: its role in interorgan amino acid exchange. . *The American journal of clinical nutrition* 2004;79(2):185-97.
  28. Moinard C LPS, Noirez P, Morio B, Bonnefont-Rousselot D, Kharchi C, et al. . Citrulline supplementation induces changes in body composition and limits age-related metabolic changes in healthy male rats. . *The Journal of Nutritional Biochemistry.* 2015;145(7):1429-37.
  29. Suzuki T MM, Hayashi T, Kamimura A. The effects on plasma l -arginine levels of combined oral l -citrulline and l -arginine supplementation in healthy males. *Biosci Biotechnol Biochem.* 2017;81:372-5.
  30. Fricke O BN, Heer M et al The effect of l-arginine administration on muscle force and power in postmenopausal women. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2008;28:307-11.
  31. Morita M HT, Ochiai M et al Oral supplementation with a combination of l-citrulline and l-arginine rapidly increases plasma l-arginine concentration and enhances NO bioavailability. *Biochem Biophys Res Commun.* 2014(454):53-7.
  32. Curis E NI, Moinard C et al Almost all about citrulline in mammals. *Amino Acids.* 2005;29:177-205.
  33. Pahlavani NE, M.H.; Nasiri, M.; Miri, A.; Rezaie, M.; Bagheri-Bidakhavidi, M.; Sadeghi, O. . The effect of l-arginine supplementation on body composition and performance in male athletes: A double-blinded randomized clinical trial. *Eur J Clin Nutr.* 2017;71:544.
  34. Chappell AJA, D.M.; Johns, R.; Brown, S.; Sultana, K.; Anand, A.; Simper, T. Citrulline malate supplementation does not improve German Volume Training performance or reduce muscle

- soreness in moderately trained males and females. *J Int Soc Sports Nutr.* 2018;15:42.
35. Mor AA, T.; Agaoglu, S.A.; Ayyildiz, M. Effect of arginine supplementation on footballers' anaerobic performance and recovery. *ProgNutr.* 2018;20:104-12.
36. Mohr MK, P.; Bangsbo, J. Match Performance of High-Standard Soccer Players with Special Reference to Development of Fatigue. *J Sports Sci.* 2003;21:519-28.
37. Schwedhelm E MR, Freese R et al Pharmacokinetic and pharmacodynamic properties of oral L-citrulline and L-arginine: impact on nitric oxide metabolism. *Br J Clin Pharmacol.* 2008;65:51-9.
38. Reyhani M, Rahmaniya, Farhad, Erezeh, Hamid. Acute effect of citrulline malate supplementation on blood lactate level and peak anaerobic power, average anaerobic power and fatigue index of futsal players. The third international conference on applied research in physical training, sports sciences and championships Tehran. 2017.
39. Da Silva DK, Jacinto, J. L., De Andrade, W. B., Roveratti, M. C., Estoche, J. M., Balvedi, M. C., ... & Aguiar, A. F. Citrulline Malate does not improve muscle recovery after resistance exercise in untrained young adult men. *Nutrients.* 2017;9(10):1132.
40. Figueroa A, Wong, A., Jaime, S. J., & Gonzales, J. U. 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.
41. Schwedhelm E MR, Freese R et al Pharmacokinetic and pharmacodynamic properties of oral L-citrulline and L-arginine: impact on nitric oxide metabolism. *Br J Clin Pharmacol.* 2008;65(51-59).
42. Bassett DRH, E.T. . Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:70-84.
43. Conley DLK, G.S.; Burkett, L.N. . Training for Aerobic Capacity and Running Economy. *Physician Sportsmed* 1981(9):107-46.
44. Cheng ISW, Y.-W.; Chen, I.F.; Hsu, G.-S.; Hsueh, C.-F.; Chang, C.-K. The Supplementation of Branched-Chain Amino Acids, Arginine, and Citrulline Improves Endurance Exercise Performance in Two Consecutive Days. *J Sports Sci Med.* 2016;15:509-15.
45. McKinley-Barnard SA, T.; Morita, M.; Willoughby, D.S. Combined L-citrulline and glutathione supplementation increases the concentration of markers indicative of nitric oxide synthesis. *J Int Soc Sports Nutr.* 2015;12:27.