اثر مکمل یاری آرژنین بر پاسخ پویایی جذب اکسیژن در دختران تکواندوکار

عباس صارمی[۱]*، مسعود گلپایگانی[۱]، زینب مرادی [۲]

۱- استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

۲- کارشناس ارشد، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۱۰/۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۸/۳

چکیده

امروزه با توجه به فراگیرشدن مکمل‌های ورزشی، پیامدهای مصرف این مکمل‌ها بر عملکرد ورزشکاران نیازمند بررسی و ارزیابی است. هدف تحقیق حاضر بررسی تأثیر دریافت یک هفته مکمل آرژنین بر پاسخ پویایی جذب اکسیژن و زمان رسیدن به واماندگی در دختران تکواندوکار بود. در این مطالعه نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون- پس‌آزمون، ۱۸ دختر تکواندوکار (سن: ۲/۲۳±۱۹/۸۸)، (قد: ۶/۰۴ ±۱۶۷/۵۳ سانتی‌متر)، (وزن: ۲/۴ ± ۶۰/۹۸ کیلوگرم) به طور تصادفی به گروه‌های دریافت مکمل آرژنین (نه نفر) و دارونما (نه نفر) تقسیم شدند. آزمودنی‌ها ابتدا در یک آزمون فزاینده روی دوچرخه کارسنج شرکت کردند و برای شبیه‌سازی با یک روز مسابقه تکواندو، جلسه پیش‌آزمون شامل سه آزمون فزاینده بیشینه با فاصله یک تا دو ساعت بود. گروه مکمل روزانه شش گرم پودر آرژنین و گروه دارونما همین مقدار پودر میکروکریستالین سلولز را به مدت هفت روز دریافت کردند. پس‌آزمون هفت روز بعد طبق پیش‌آزمون از تمام آزمودنی‌ها گرفته شد. متغیرهای پویایی جذب اکسیژن (کسر اکسیژن، ثابت زمانی اول و دوم) ازطریق دستگاه اسپیرومتری به روش نفس به نفس اندازه‌گیری و داده‌ها با استفاده از تحلیل واریانس دوطرفه تجزیه و تحلیل شد و سطح معناداری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. زمان رسیدن به واماندگی متعاقب مصرف آرژنین به طور معنی‌دار افزایش یافت (P<۰/۰۵). همچنین نتایج نشان داد که مکمل یاری آرژنین به تسریع پویایی جذب اکسیژن (کسر اکسیژن، ثابت زمانی اول و دوم) در دختران تکواندوکار منجر می‌شود (P<۰/۰۵). به نظر می‌رسد دریافت یک هفته مکمل آرژنین به میزان شش گرم در روز باعث بهبود شاخص‌های پویایی جذب اکسیژن (کسر اکسیژن و ثابت زمانی اول و دوم) و زمان رسیدن به واماندگی در دختران تکواندوکار می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آرژنین، دختران، پویایی جذب اکسیژن، تکواندو، زمان رسیدن به واماندگی.

Effect of arginine supplementation on O2 uptake kinetics response in female taekwondo athletes

Saremi, A.[1]., Golpaygani,M. [1]., Moradi.Z.,[2]

1- (PhD), Department of Sport Sciences, Arak University, Arak, Iran

2- (PhD Candidate), Department of Sport Sciences, Arak University, Arak, Iran.

Abstract

Introdiction and Aim: Nowadays, due to the epidemic of sports supplements, the effects of these supplements on athletic performance require analysis and evaluation.The aim of the present study was to investigate the effect of arginine supplementation for one week on oxygen uptake kinetics and time to exhaustion in female taekwondo athletes.

Method: In this semi-experimental study with pretest – posttest design, eighty female taekwondo athletes (age: 19.88±2.33 y, height: 167.53±6.04 cm, weight: 60.98±2.4 kg) were randomly assigned to argenine supplementation (n=9) or placebo (n=9) groups. Subjects performed the incremental test (initially, the work load 50 watts and 30 watts increase in workload every minutes, as long as subjects will be able to maintain the highest pedal rate and the failure to reach). To simulate a taekwondo match day test session consisted of three maximal incremental test intervals (1 to 2 hours). The experimental group was supplemented with 6g arginine powder and placebo group received 6g microcrystalline cellulose each day for one week. Seven days after, post test accordingly pretest was used by all subjects. Pulmonary gas exchange was measured by gas analyzer to breath-by breath method. Oxygen uptake kinetics variables (oxygen deficit, time constant 1, time constant 2) were evaluated by gas analyzer with breath-by breath method. Data was analyzed using two ways ANOVA.

Results: The time to exhaustion was extended following consumption of arginine (p<0.05). Also the findings showed that arginine supplementation resulted in a speeding of the oxygen uptake kinetic (oxygen deficit, time constant 1, time constant 2) (p<0.05).

Conclusion: It seems that arginine supplementation improves oxygen kinetics factors and time to exhaustion in female taekwondo athletes.

Keywords: Arginine, Female, Oxygen uptake kinetics, Taekwondo, Time to exhaustion

*. a-saremi@araku.ac.ir

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1394.13.10.7.5]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.13.10.79]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1394.13.10.7.5]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.13.10.79]

مقدمه

هدف اصلی ورزشکاران و مربیان رسیدن به اوج عملکرد ورزشی است. اجرای بهینه و مطلوب مهارت‌های ورزشی حاصل تعامل پیچیده عوامل فیزیولوژیکی، آنتروپومتریکی، روان‌شناختی، زیست حرکتی و تغذیه‌ای با یکدیگر است(۱). در سطوح بالای ورزش قهرمانی، مرز بین پیروزی و شکست بسیار باریک است. موقعیت ورزش تکواندو در ایران و جهان و کسب افتخارات بسیار از سوی تکواندوکاران کشورمان در عرصه‌های بین‌المللی، رقابت در این رشته را بسیار فشرده و دشوار کرده است. ورزشکاران برای کسب برتری به داروها و مکمل‌های نیروزا روی می‌آورند. بنابراین، معرفی مکمل‌های مجاز با عوارض جانبی کمتر و مناسب برای افزایش ظرفیت‌های فیزیولوژیک ورزشکاران ضروری به نظر می‌رسد (۲،۳).

آمادگی هوازی و بی‌هوازی از عوامل فیزیولوژیک مهم در عملکرد ورزش تکواندو هستند. ظرفیت بالای هوازی به تکواندوکاران کمک می‌کند تا بتوانند در جریان مسابقه یا یک تورنمنت که مجبورند در آن چندین‌بار به رقابت بپردازند عملکرد خوبی داشته باشند. داشتن توان بی‌هوازی بالا باعث می‌شود تکواندوکار در اجرای فعالیت‌های کوتاه‌مدت ازجمله حرکات سریع حمله یا ضدحمله، اجرای مناسبی داشته باشد (۴). محققان بر این باورند که توانایی هوازی در تکواندو بسیار مهم است و در موفقیت ورزشکار نقش کلیدی دارد. بنابراین پیشنهاد شده است که آمادگی قلبی-تنفسی و پویایی جذب اکسیژن که نشانگر ارزیابی ظرفیت قلبی– تنفسی است، در ورزش تکواندو از اهمیت زیادی برخوردار است (۵). به‌هرحال، اندازه‌گیری حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_{2max}) روش ساده‌ای برای تعیین آمادگی هوازی است. ازآنجاکه VO_{2max} اطلاعات دقیق و جزئی از آزمون هوازی ارائه نمی‌کند، برای دقت عمل بیشتر پاسخ پویایی جذب اکسیژن پیشنهاد می شود. تغییرات در VO_2 هنگام حرکت از استراحت به ورزش، پویایی جذب اکسیژن تعریف می‌شود (۶). پاسخ‌های پویایی اکسیژن به ورزش اطلاعاتی جامع در زمینه پاسخ‌های قلبی- تنفسی به دنبال تغییر موقعیت متابولیکی فراهم می‌کند. پویایی جذب اکسیژن زمان لازم سازگاری با تغییرات بار متابولیکی را می‌سنجد. پویایی اکسیژن را می‌توان به‌وسیله ارزیابی نفس به نفس VO_2 اندازه‌گیری کرد. درمقابل، سیستم‌های سنتی جزئیات ضروری بیشتری مانند کسر اکسیژن، وام اکسیژن، ثابت زمانی اول و دوم، VO_{2max}، VT، FVC، VT/، VD/VT و... را گزارش می‌کند که می‌توان از این اطلاعات برای شناخت بیشتر میزان آمادگی قلبی- تنفسی، توان هوازی و بی‌هوازی استفاده کرد که از عوامل فیزیولوژیکی مهم موفقیت ورزشکاران ازجمله تکواندوکاران است (۸،۷،۶). کسر اکسیژن به صورت اختلاف موجود بین اکسیژن لازم برای یک کار معین و مقدار واقعی اکسیژن مصرفی تعریف می‌شود.. هرچه کسر اکسیژن کمتر باشد، آمادگی هوازی ورزشکار بهتر است و سریع‌تر به مرحله یک‌نواخت می‌رسد و توانایی بیشتری نیز برای ادامه فعالیت دارد. همچنین اسید لاکتیک کمتری در عضلات تولید می‌شود و اسیدیته دیرتر به وجود می‌آید (۹). به‌علاوه، ثابت زمانی دوم (T_2) به صورت زمان رسیدن اکسیژن مصرفی به ۶۳ درصد تغییرات از فاز دوم پویایی اکسیژن تعریف می‌شود. با واردشدن به فاز دوم، تقریباً تبادل انرژی از بی‌هوازی به هوازی صورت می‌گیرد که هرچه این

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1394.13.10.7.5]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.13.10.79]

زمان کمتر باشد نشانگری خوب برای سنجش آمادگی هوازی است و ثابت زمانی اول (T_1) نیز به صورت زمان رسیدن اکسیژن مصرفی به ۶۳ درصد تغییرات فاز اول پویایی اکسیژن تعریف می‌شود. فاز اول پویایی اکسیژن مبین توان و ظرفیت سیستم بی‌هوازی است (۱۱،۱۰). تکواندوکاران موفق نه‌تنها باید متابولیسم بی‌هوازی به همراه توان انفجاری بالا داشته باشند، بلکه باید از استقامت هوازی خیلی خوبی نیز برخوردار باشند تا بتوانند در جریان مسابقه یا تورنمنتی که مجبورند در آن چندین‌بار به رقابت بپردازند، کار خود را به‌خوبی انجام دهند و امکان بازگشت به حالت اولیه کافی و مناسب تامین شود(۱۲-۱۴). پاسخ‌های پویایی اکسیژن در رابطه با کمیت و کیفیت شدت ورزش متفاوت است (۶،۷).

از سویی، عوامل تغذیه‌ای نقش مهمی در کارکردهای فیزیولوژیک و بدنی ورزشکاران دارند. آرژنین یک اسید آمینه ضروری و پیش‌ساز سنتز نیتریک اکسید (NO) است. آرژنین تحت اثر آنزیم نیتریک اکسید سنتتاز[۲] (NOS) به نیتریک اکسید(NO) تبدیل می‌شود. به‌خوبی مشخص شده است که تغییرات در تولید NO می‌توانند بر گشادی عروق و جریان خون تأثیرگذار باشند (۱۵). مدارک بسیاری وجود دارد که مداخلات تأثیرگذار بر NO می‌تواند میزان مصرف اکسیژن را حین ورزش تغییر دهد (۱۶)؛ برای مثال اخیراً گزارش شده است که مصرف سه تا شش روز نیترات خوراکی (عصارهٔ ریشه چغندر) یا دارویی (نیترات سدیم) می‌تواند زمان رسیدن به حالت یکنواخت را در طول ورزش کاهش دهد تا تحمل ورزشی افزایش یابد (۱۶،۱۷). برعکس، به دنبال تزریق بازدارندهٔ سنتز نیتریک اکساید دامنهٔ جزء آهسته VO_2 افزایش پیدا می‌کند (۱۸). از سویی، کوپو و همکـاران (۲۰۰۹) اثر دریافت مکمل ال- آرژنین را به مدت چهارده‌روز بر پاسخ پویایی اکسیژن طی ورزش دوچرخه‌سواری آزمایش کردند. نتایج کاهش دوثانیه‌ای در ثابت زمانی اول و افزایش دوازده درصدی در ثابت زمانی دوم پاسخ VO_2 ریوی به دنبال دریافت شش گرم مکمل آرژنین را گزارش کردند، اما تغییر معنی‌داری در کسر اکسیژن مشاهده نشد (۱۹). همچنین، نتایج مطالعات استفان و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد به دنبال دریافت شش گرم مکمل ال- آرژنین به مدت سه روز متوالی زمان رسیدن به واماندگی تا ۲۰درصد افزایش می‌یابد (۲۰). ازآنجاکه آرژنین موجب گشادی عروق و توزیع مجدد خون به عضله فعال می‌شود و همچنین به برداشت متابولیت‌های تضعیف‌کننده عملکرد ورزشی کمک می‌کند (۳،۲۱)، در تحقیق حاضر به دنبال پاسخ به این سؤال بودیم که آیا دریافت کوتاه‌مدت مکمل آرژنین می‌تواند عملکرد ورزشی را حین تمرین شدید وامانده‌ساز افزایش دهد. به‌هرحال در بیشتر مطالعات اثر مکمل آرژنین بر عملکرد یک جلسه فعالیت ورزشی بیشینه بررسی شده است و ماندگاری اثر آن برای مثال در یک روز مسابقه (ازجمله در تکواندو که ورزشکار در طول یک روز چندبار رقابت می‌کند) روشن نیست. ازطرفی، با توجه به موقعیت ورزش تکواندو در ایران و جهان و کسب افتخارات بسیار ازسوی تکواندوکاران کشورمان در عرصه‌های بین‌المللی، هنوز تکواندوکاران زن ایرانی جایگاه خود را در رقابت‌های بین‌المللی همچون مردان نیافته‌اند، از این‌رو کمک به پیشرفت هرچه بیشتر زنان در این رشته ورزشی کشور ضروری به نظر

می‌رسد. بنابراین، هدف تحقیق حاضر بررسی تأثیر دریافت مکمل آرژنین بر پاسخ پویایی اکسیژن و زمان رسیدن به واماندگی در دختران تکواندوکار در طول یک روز مسابقه شبیه‌سازی شده است.

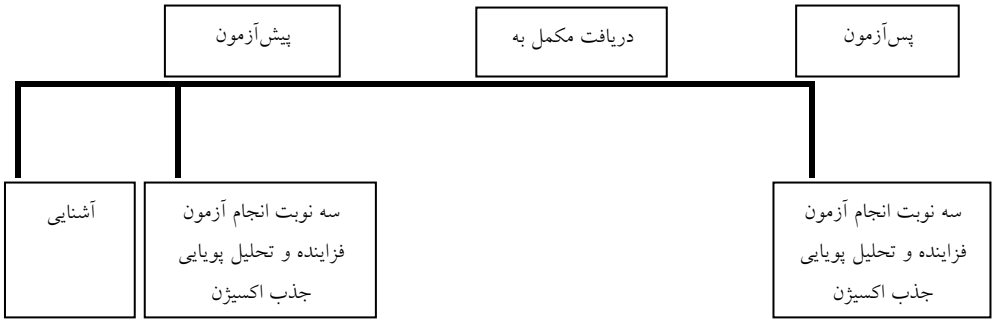
روش‌شناسی

آزمودنی‌ها

مطالعه حاضر از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و کنترل‌شده با دارونما است. آزمودنی‌های تحقیق از میان دختران تکواندوکار شهر اراک که در فصل آماده‌سازی بودند (حداقل سه جلسه تمرین در هفته) و به طور میانگین سابقه چهارسال تمرین و حضور در مسابقات استانی و کشوری را داشتند انتخاب شدند. آزمودنی‌ها پس‌از آگاهی از ماهیت تحقیق رضایت خود را جهت مشارکت در این مطالعه اعلام کردند. ویژگی‌های حضور در تحقیق، شامل حداقل هفته‌ای سه جلسه تمرین و بدون مصرف هرگونه مکمل و مصرف دارو در سه ماه گذشته بود. روش نمونه‌گیری از نوع هدفمند بود که ۱۸ نفر براساس پیشینه تحقیق انتخاب شدند. سپس آزمودنی‌ها به طور تصادفی در گروه دریافت مکمل یا دارونما قرار گرفتند. محققان در مطالعه حاضر ازنظر تعداد افراد واجد شروط برای مشارکت در مطالعه محدودیت‌هایی داشتند (که این کار را برای همسان‌سازی برخی متغیرهای فیزیولوژیک سخت می‌کرد). به‌علاوه، یکسان‌نبودن طول مدت فازهای لوتئال و فولیکولار آزمودنی‌ها از دیگر محدودیت‌های مطالعه حاضر بود. در یک جلسه آشناسازی، تمام افراد قبل‌از شروع تحقیق در مورد مواد آزمون و تعیین روزهای آزمون هر فرد براساس تاریخ قاعدگی توجیه شدند. پس‌از اعلام اولین‌روز قاعدگی، زمان انجام آزمون‌های بیشینه در فاز لوتئال (۲۶-۱۸ روز بعد از خونریزی) تعیین شد. اطلاعات توصیفی مربوط به سن، قد، وزن و نمایه توده بدنی آزمودنی‌ها در جدول ۱ آمده است.

طرح تحقیق

مراحل تحقیق شامل ۱) یک جلسه آشناسازی برای کار با دوچرخه کارسنج، ۲) آزمون‌گیری‌های اولیه، ۳) دریافت مکمل به مدت یک‌هفته و ۴) اجرای پس‌آزمون بود.



شکل ۱. طرح تحقیق

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1394.13.10.7.5]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.13.10.79]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1394.13.10.7.5]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.13.10.79]

برنامه ورزشی بیشینه

بعد از انتخاب آزمودنی‌ها و توضیح شفاهی مراحل تحقیق و آشنایی با دوچرخه کارسنج، سن، قد و وزن آزمودنی‌ها محاسبه و به آنها تأکید شد که ۲۴ ساعت قبل‌از آزمون‌گیری از فعالیت‌های سنگین اجتناب کنند. تحقیق شامل یک جلسه آزمون‌گیری بود که هفت‌روز قبل‌از دریافت مکمل انجام شد. در جلسه آزمون اولیه آزمودنی‌ها در یک برنامه ورزشی بیشینه فزاینده طبقه‌بندی‌شده روی دوچرخه کارسنج (مونارک مدل ۸۹۴، ساخت کشور سوئد) تا رسیدن به واماندگی مشارکت کردند که درحین اجرای آزمون، ازطریق دستگاه اسپیرومتری (گاز آنالایز مدل کاسمد، ایتالیا) به روش نفس به نفس متغیرهای پویایی جذب اکسیژن جمع آوری شد. روش تفسیر دستگاه بوسیله محاسبه اکسیژن مصرفی و دی‌اکسیدکربن تولیدی بود که ازطریق ماسکی که روی صورت آزمودنی‌ها قرار داشت به فضای درون سیستم منتقل می‌شد. پروتکل آزمون فزاینده ورزشی به این صورت بود که پیش‌از آغاز برنامه آزمودنی‌ها به مدت سه دقیقه با کار صفر وات و سرعت پنجاه دور در دقیقه بدن خود را گرم کردند. سپس فعالیت اصلی با کار پنجاه وات شروع شد و بار کار هر دقیقه ۳۰ وات افزایش داشت، تا جایی که افراد بالاترین سرعت پدال‌زدن را بتوانند حفظ کنند و به واماندگی برسند (۲۰). شبیه‌سازی به یک روز مسابقه تکواندو براساس حداقل تعداد انجام بازی برای حذف‌نشدن و رسیدن به مراحل پایانی مسابقه جلسه پیش‌آزمون و پس‌آزمون شامل سه آزمون فزاینده بیشینه با فاصله یک تا دو ساعت بود. به‌هرحال، با توجه به اینکه در مبارزات، تکواندوکاران بیشتر ازطریق تکنیک‌های پا امتیاز کسب می‌کنند و به حداکثر توان عضلات پا برای موفقیت نیاز دارند، آزمون ازطریق رکاب‌زدن روی دوچرخه کارسنج طراحی شد (هرچند اختلاف زیادی با الگوی حرکتی واقعی تکواندو وجود دارد).

مقدار و نوع مکمل و مدت مداخله: آزمودنی‌های گروه مکمل روزانه ۳ کپسول دوگرمی بعد از غذا مکمل آرژنین (شرکت داروسازی و مکمل‌های غذایی- حیاتی کارن) دریافت می‌کردند (این مقدار موجب افزایش آرژنین سرم به اندازه ۱۰۰ میکرومول در لیتر می‌شود که برای اشباع سلول‌های عضلانی فردی با وزن ۶۰ تا ۸۰ کیلوگرم کافی است) (۱۹)؛ درحالی‌که آزمودنی‌های گروه دارونما روزانه ۳ کپسول دوگرمی بعد از غذا میکروکریستالین سلولز دریافت می‌کردند (شرکت پژوهشگران طب گیاهی بوعلی‌سینا). طول مدت مصرف کپسول‌ها برای هر دو گروه هفت‌روز بود که برای بارگیری سلول‌های عضلانی کافی است (۱۹،۱۶،۳). کپسولها در هر دو گروه از نظر شکل، اندازه و رنگ یکسان بودند. لازم به ذکر است که همه کپسول‌ها به‌یکباره در اختیار آزمودنی‌ها قرار نمی‌گرفت. جهت افزایش اطمینان از مصرف مکمل و دارونما و محاسبه میزان تمکین مصرف کپسول‌ها، از آنها خواسته می‌شد تا در هربار مراجعه قوطی کپسول‌ها را تحویل دهند و سپس مکمل یا دارونما برای مدت دو روز در اختیار آنها قرار می‌گرفت. به آزمودنی‌ها توصیه شد که در مدت مداخله از تغییر رژیم غذایی معمول و تغییر خودسرانه دوز کپسول‌ها خودداری کنند. دریافت غذایی در مدت پژوهش نیز با استفاده از پرسش‌نامه ۲۴ ساعته یادآمد خوراک، که به کوشش گروه تغذیه دانشگاه علوم پزشکی تهران استاندارد شده بود، کنترل شد. سپس داده‌های غذایی با استفاده از نرم‌افزار FPIIN تحلیل شدند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1394.13.10.7.5]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.13.10.79]

تحلیل داده‌ها

پاسخ پویایی اکسیژن به روش نفس به نفس با یک نمودار نمایی غیرخطی پارامتریک تحلیل شد. در این روش اختلاف فشار نوسان اکسیژن و دی‌اکسیدکربن داده‌های پاسخ پویایی اکسیژن را روی نمودار دوبعدی لیتر در دقیقه ترسیم می‌کند (۲۲). ازآنجاکه در بحث پویایی جذب، اکسیژن مصرفی (vo_2) از ابتدا تا انتهای ورزش تحت ارزیابی قرار می‌گیرد، حاصل داده‌ها نمودار غیرخطی منحنی‌واری است که می‌توان برای تعیین vo_2 مصرفی در هر لحظه دلخواه از مدلهای مختلف ریاضی استفاده کرد، از جمله:

$$\Delta vo_2(t) = \Delta vo_2(ss) * (1 - e^{-t/\tau})$$

$$\Delta vo_2(+) = \Delta vo_2(ss) * \left(1 - e^{-(t-\delta)/\tau}\right)$$

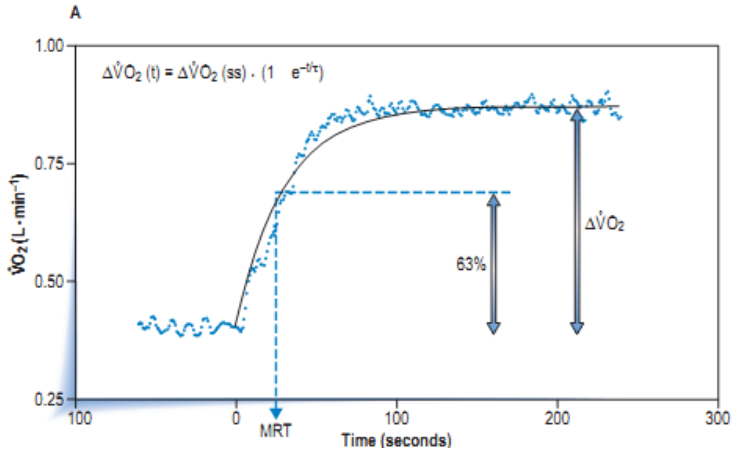
$$\Delta vo_2(t) = A_1 * \left(1 - e^{-(t-\delta_1)/\tau_1}\right) + A_2 * (1 - e^{-(t-\delta_2)/\tau_2}$$

$$\Delta vo_2(t) = A_1 * \left(1 - e^{-(t-\delta 1)\tau_1}\right) + A_2 * \left(1 - e^{-(t-\delta 2)\tau_2}\right) + A_3(1 - e^{-(t-\delta 3)\tau_3})$$

T_1، T_2، T_3 ثابت‌های زمان برای رسیدن به ۶۳ درصد فازهای ۱و ۲ و ۳ است. ∂_1، ∂، ∂_3 تأخیر زمان در هر سه فاز برای رسیدن به حالت پایداری است. A_1، A_2، A_3 دامنه نوسان است. MRT زمان رسیدن به ۶۶ درصد از کل کینیتیک اکسیژن از ابتدای فعالیت (t=0s) است و اما برای اکسیژن مصرفی در زمان همان لحظه داریم:

$$vo_2(t) = vo_2 b + a * \left(1 - e^{-t} - \frac{t}{\tau}\right)$$

برای به‌دست‌آوردن مقدار صحیح کسر اکسیژن چون به صورت منحنی زیرنمودار است از انتگرال استفاده می‌شود (۱۰). پویایی اکسیژن برای هر آزمودنی شامل سه فاز است که فاز اول توان بی‌هوازی را نشان می‌دهد. نیازهای متابولیکی و اکسیژن ازطریق فسفوکراتین تأمین می‌شود. T_1 که ثابت زمانی اول نیز نامیده می‌شود زمان رسیدن آزمودنی به ۶۶ درصد پاسخ پویایی اکسیژن در فاز اول است که این عدد هرچه کمتر باشد نشان‌دهنده بالاتربودن توان بی‌هوازی است. پس‌از فاز اول، پویایی اکسیژن وارد فاز دوم شده است که درواقع آغاز استفاده عضلات از سیستم هوازی به منزله سوبسترا است. T_2 که ثابت زمانی دوم نیز نامیده می‌شود، زمان رسیدن آزمودنی به ۶۶ درصد پاسخ پویایی اکسیژن در فاز دوم است که این عدد هرچه کمتر باشد نشان دهنده بالاتربودن توان هوازی است. بعد از فاز دوم، پویایی اکسیژن وارد فاز سوم می‌شود که در این تحقیق امکان اندازه‌گیری فاکتورهای مرتبط با این مرحله از جمله جزء آهسته وجود نداشت (شکل ۲).



شکل ۲. پاسخ‌های پویایی جذب اکسیژن به ورزش

روش آماری

پس از تأیید توزیع طبیعی داده‌ها از طریق آزمون (کلوموگروف– اسمیرنوف)، جهت بررسی اثر متغیر مستقل بر متغیرهای وابسته و همچنین بررسی اختلاف میانگین بین آزمون‌ها از تحلیل واریانس دوطرفه استفاده شد. داده‌ها به‌صورت میانگین± انحراف معیار ارائه شده است. تمام عملیات آماری تحقیق با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶/۰۰ انجام شد و سطح معنی‌داری آزمون‌ها P<۰/۰۵ لحاظ گردید.

یافته‌های تحقیق

میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها در جدول ۱ و نتایج تحلیل واریانس برای مقایسه شاخص‌های پویایی جذب اکسیژن و زمان رسیدن به واماندگی پیش‌آزمون و پس‌آزمون در جدول‌های ۲ تا ۵ آمده است.

جدول ۱. مشخصات فردی گروه‌های تحت مطالعه در سطح پایه

گروه‌ها ویژگی‌ها	مکمل (میانگین±انحراف معیار)	دارونما (میانگین±انحراف معیار)
سن (سال)	۱۹/۶۷ ± ۰/۷۱	۲۰/۱±۰/۵۵
قد (سانتی‌متر)	۱۶۵/۵۶± ۰/۹۴	۱۶۹/۵±۱/۱۹
وزن (کیلوگرم)	۶۰/۶۷ ± ۱/۸۰	۶۱/۳±۲/۱۳
درصد چربی	۲۰/۱۱±۶/۱۸	۲۰/۶±۶/۸۷
نمایه توده بدن (کیلوگرم/مترمربع)	۲۲/۱۴±۱/۱۷	۲۲/۰±۱/۹۱
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر/ دقیقه/کیلوگرم)	۳۹/۶۵±۲/۷۰	۳۸/۲۳ ±۲/۵۷

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1394.13.10.7.5]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.13.10.79]

دریافت یک هفته مکمل آرژنین به میزان شش گرم در روز سبب افزایش معنی‌دار زمان رسیدن به واماندگی در نوبت اول (P<۰/۰۰۱)، دوم (P<۰/۰۱) و سوم (P<۰/۰۰۱) پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون شد. همچنین مشاهده شد که دریافت مکمل آرژنین موجب کاهش معنی‌دار کسر اکسیژن در نوبت اول (P<۰/۰۱)، دوم (P<۰/۰۱) و سوم (P<۰/۰۲) پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون می‌شود. به‌علاوه، متعاقب دریافت مکمل آرژنین، ثابت زمانی اول در نوبت اول (P<۰/۰۲)، دوم (P<۰/۰۰۱) و سوم (P<۰/۰۰۰) پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. ازسویی، مشاهده شد که دریافت مکمل آرژنین موجب کاهش معنی‌دار ثابت زمانی دوم در نوبت اول (P<۰/۰۰۰)، دوم (P<۰/۰۱) و سوم (P<۰/۰۲) پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون می‌شود؛ درحالی‌که این اختلاف‌های معنی‌دار در گروه دارونما مشاهده نشد (P>۰/۰۵). به‌علاوه، در مطالعه حاضر مشاهده شد که در هر دو گروه مکمل و دارونما و در تمام متغیرهای پویایی جذب اکسیژن روند تغییرات در طول زمان نزولی بود، هرچند این تغییرات به‌لحاظ آماری معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵).

جدول ۲. پاسخ زمان رسیدن به واماندگی (ثانیه) در گروه‌های تحت مطالعه

زمان / گروه	پیش‌آزمون			پس‌آزمون		
	T_1	T_2	T_3	T_1	T_2	T_3
مکمل	۶۴۶/۲۲ ± ۴۵/۶۵	۶۴۲/۳۳ ±۴۶/۹۴	۶۳۸/۷۸ ±۴۷/۴۰	*۷۰۵/۳۳±۴۱/۴۵	¥۷۰۰/۲۲±۴۵/۱۸۸	£۶۵۸/۳۳±۳۴/۷۸
دارونما	۶۴۳/۷۰ ± ۴۳/۴۵	۶۴۰/۱۱ ±۴۷/۲۳	۶۳۶/۳۰ ±۴۵/۷۱	۶۴۲/۲۰ ± ۴۵/۱۲	۶۳۹/۷۷ ±۴۶/۱۷	۶۳۴/۰۱ ±۴۳/۱۵

*نشانه تفاوت معنادار (P<۰/۰۵) نسبت به T_1 در پیش آزمون

¥نشانه تفاوت معنادار (P<۰/۰۵) نسبت به T_2 در پیش آزمون

£نشانه تفاوت معنادار (P<۰/۰۵) نسبت به T_3 در پیش آزمون

جدول ۳. پاسخ کسر اکسیژن (میلی لیتر در دقیقه) در گروه‌های تحت مطالعه

زمان / گروه	پیش‌آزمون			پس‌آزمون		
	T_1	T_2	T_3	T_1	T_2	T_3
مکمل	۷۱۷/۵۶ ±۳۹/۹۷	۷۲۹/۲۲ ±۴۰/۹۳	۷۳۳/۷۸ ±۴۱/۸۷	*۵۹۱/۳۳ ±۴۵/۱۶	¥۶۰۲/۰±۳۸/۹۴	£۶۸۰/۲۲±۴۸/۰۱
دارونما	۷۱۵/۲۰ ±۴۶/۲۶	۷۲۵/۱۶ ±۴۳/۸۸	۷۲۷/۹۴ ±۴۵/۱۱	۷۱۰/۷۷ ±۴۳/۷۱	۷۲۳/۱۱ ±۴۷/۱۵	۷۳۰/۲۱ ±۴۱/۵۵

*نشانه تفاوت معنادار (P<۰/۰۵) نسبت به T_1 در پیش آزمون

¥نشانه تفاوت معنادار (P<۰/۰۵) نسبت به T_2 در پیش آزمون

£نشانه تفاوت معنادار (P<۰/۰۵) نسبت به T_3 در پیش آزمون

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1394.13.10.7.5]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.13.10.79]

جدول۴. پاسخ ثابت زمانی اول (T_1) (ثانیه) در گروه‌های تحت مطالعه

زمان / گروه	پیش‌آزمون			پس‌آزمون		
	T_1	T_2	T_3	T_1	T_2	T_3
مکمل	۹/۸۶ ±۰/۶۴	۱۰/۰۳ ±۰/۵۶۴	۱۰/۱۵ ±۰/۵۸۵	*۹/۱۱±۰/۷۲۱	¥۹/۲۵±۰/۷۹۰۲	£۹/۶۹±۰/۵۸۴
دارونما	۹/۶۰ ±۰/۸۰	۱۰/۲۲ ±۰/۵۰۰	۱۰/۳۰ ±۰/۴۰۰	۹/۶۰ ±۰/۷۰	۱۰/۱۷ ±۰/۷۲۱	۱۰/۲۴ ±۰/۴۷۴

*نشانه تفاوت معنادار ($P<۰/۰۵$) نسبت به T_1 در پیش آزمون

¥نشانه تفاوت معنادار ($P<۰/۰۵$) نسبت به T_2 در پیش آزمون

£نشانه تفاوت معنادار ($P<۰/۰۵$) نسبت به T_3 در پیش آزمون

جدول ۵. پاسخ ثابت زمانی دوم (T_2) (ثانیه) در گروه‌های تحت مطالعه

زمان / گروه	پیش آزمون			پس آزمون		
	T_1	T_2	T_3	T_1	T_2	T_3
مکمل	۳۲/۲۸ ±۳/۷۹	۳۴/۱۷±۳/۳	۳۴/۵۲ ±۳/۳۶	*۲۵/۸۶±۲/۹۶	¥۲۷/۰۶±۳/۴۵	£۲۹/۵۲±۲/۰۱
دارونما	۳۱/۸۵ ±۴/۰۳	۳۲/۲±۴/۱۵	۳۳/۰۷ ±۳/۱	۳۱/۴ ±۳/۷	۳۲/۷۵±۳/۳	۳۳/۱۷ ±۳/۷۵

*نشانه تفاوت معنادار ($P<۰/۰۵$) نسبت به T_1 در پیش آزمون

¥نشانه تفاوت معنادار ($P<۰/۰۵$) نسبت به T_2 در پیش آزمون

£نشانه تفاوت معنادار ($P<۰/۰۵$) نسبت به T_3 در پیش آزمون

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های تحقیق حاضر حاکی از آن است که احتمالاً دریافت یک هفته مکمل آرژنین به میزان شش گرم در روز سبب افزایش زمان رسیدن به واماندگی و بهبود فاکتورهای پویایی اکسیژن (کسر اکسیژن، ثابت زمانی اول و ثابت زمانی دوم) در دختران تکواندوکار می‌شود. پویایی جذب اکسیژن اطلاعاتی جامع درباب پاسخ‌های قلبی- تنفسی به دنبال تغییر موقعیت متابولیکی فراهم می‌کند. تعیین پاسخ‌های پویایی جذب اکسیژن به ورزش روشی غیرتهاجمی است و برای متخصصان علم تمرین کارایی بسیاری دارد؛ ازجمله برای پی‌بردن به آمادگی بدنی ورزشکاران (۲۲). از سویی، در دهه اخیر ورزشکاران برای کسب برتری به داروها و مکمل‌های نیروزا روی آورده‌اند و معرفی مکمل‌های مجاز با عوارض جانبی کمتر و مناسب برای افزایش ظرفیت بی‌هوازی و هوازی در کانون توجه محققان، مربیان و ورزشکاران قرار گرفته است. در محدود مطالعات انجام‌شده از تأثیر مکمل آرژنین بر بهبود ظرفیت هوازی و بی‌هوازی حمایت شده است (۲۱،۱۹،۳). اما تاکنون تأثیر دریافت مکمل آرژنین بر پاسخ پویایی جذب اکسیژن و زمان رسیدن به واماندگی در دختران تکواندوکار تحت بررسی قرار نگرفته است. در مطالعه حاضر دریافت مکمل آرژنین موجب افزایش معنادار زمان رسیدن به واماندگی در هر سه زمان شد. این یافته با نتایج بایلی و همکاران (۲۰۱۰) مشابه است که

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1394.13.10.7.5]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.13.10.79]

نشان دادند به دنبال دریافت شش گرم مکمل ال-آرژنین برای سه روز متوالی زمان رسیدن به واماندگی تا ۲۰درصد افزایش می‌یابد. میزان دوز مصرفی مکمل و پروتکل تمرین مشابه تحقیق حاضر بود (۱۴). پیشنهاد شده است سازوکارهای محتمل در به‌وجودآمدن این پاسخ‌ها به کاهش تجمع متابولیت‌های مرتبط با فرایند خستگی مانند لاکتات، آمونیاک (۲۳،۱۶) و افزایش NO_2 پلاسمایی پیش‌از ورزش و بهبود دینامیک VO_2 مربوط می‌شود (۲۰)، هرچند برخی مطالعات گزارش کرده‌اند که دریافت مکمل ال-آرژنین بر عملکرد ورزشکاران تأثیری ندارد (۲۵،۲۴). تناقض میان نتایج مطالعات ممکن است به دلیل تفاوت در روش اجرا، سن، جنسیت، میزان دوز دریافتی یا ترکیب آرژنین با مواد دیگر مانند آسپارتات باشد.

همچنین، در تحقیق حاضر دریافت مکمل آرژنین موجب کاهش معنادار کسر اکسیژن و ثابت زمانی دوم (زمان رسیدن به ۶۶ درصد تغییرات در فاز دوم) نسبت به گروه دارونما برای سه زمان شد. در این باره، کوپو و همکـاران (۲۰۰۹) در بررسی اثر دریافت مکمل ال-آرژنین بر پاسخ پویایی اکسیژن دوچرخه‌سواران گزارش کردند ثابت زمانی دوم در گروه مکمل نسبت به دارونما به طور معناداری کاهش یافت و این نتیجه با تحقیق حاضر همسو است (۱۹). بایلی و همکاران (۲۰۰۹) نیز نشان دادند دریافت مکمل نیترات برای شش روز در افراد تمرین‌کرده موجب کاهش کسر اکسیژن و ثابت زمانی دوم پویایی جذب اکسیژن می‌شود (۱۷). کاهش مشاهده‌شده در کسر اکسیژن و ثابت زمانی دوم احتمالاً به دلیل افزایش آنزیم‌های اکسایشی و شاخص‌های سنتز NO و همچنین تغییر در جریان خون محیطی (نتایج ناشی از افزایش تولید NO مشتق از اندوتلیوم) است که سبب بهبود تأمین O_2 عضلانی درحین ورزش می‌شود و نهایتاً باعث می‌شود آزمودنی‌ها سریع‌تر به مرحله یک‌نواخت (steady- state) برسند (۲۵،۲۰،۱۹). به‌علاوه، در مطالعه حاضر دریافتیم که مصرف مکمل آرژنین موجب کاهش معنادار ثابت زمانی اول (زمان رسیدن به ۶۶ درصد تغییرات در فاز اول) در گروه مکمل نسبت به دارونما برای هر سه زمان می‌شود. این نتایج با تحقیق کوپو و همکـاران (۲۰۰۹) و بایلی و همکاران (۲۰۰۹) همسو است. این همسویی را شاید بتوان به دلیل شباهت در روش اجرا و میزان دوز دریافتی دانست (۱۹،۱۷). روی‌هم‌رفته، این یافته‌ها نشان می‌دهد که مکمل‌سازی با آرژنین به تسریع پویایی جذب اکسیژن ورزشکاران (ازجمله تکواندوکاران) منجر می‌شود. در واقع، این نتایج با مطالعاتی همسو است که نشان می‌دهند مهار آنزیم نیتریک اکساید کارایی مکانیکی و عملکرد ورزشی را کاهش می‌دهد و با افزایش خستگی همراه است (۲۶). بنابراین احتمالاً نیتریک اکساید نقش مهمی در تولید انرژی و دینامیک پاسخ Vo_2 به ورزش بازی می‌کند (۲۷). درباره اثر آرژنین بر تسریع پویایی جذب اکسیژن چندین سازوکار پیشنهاد شده است؛ ازجمله اینکه آرژنین ازطریق افزایش NO موجب افزایش جریان خون در عضله فعال (۲۸) و به حداکثر رسیدن فسفوریلاسیون اکسیداتیو (۲۲) می‌شود. به‌علاوه، نشان داده شده است که به دنبال مکمل‌سازی با آرژنین هزینه O_2 مصرفی حین ورزش از طریق بهبود پمپ‌های پروتونی در میتوکندری، افزایش نسبت P/O در میتوکندری (یعنی کاهش هزینه O2 میتوکندری برای بازسازی ATP) و بهبود کوپل میان هیدرولیز ATP و تولید نیروی عضلانی (یعنی کاهش هزینه ATP برای تولید نیرو) کاهش می‌یابد

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1394.13.10.7.5]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.13.10.79]

(۲۰،۲۹،۳۰). همچنین گزارش شده است به دنبال مکمل یاری با آرژنین تجزیه Pcr عضلانی و تجمع Pi و ADP متعاقب ورزش کاهش می‌یابد (۳۱،۱۶). این سازوکارها همچنین می‌تواند توجیه‌کننده یکی دیگر از نتایج تحقیق حاضر باشد که متعاقب مکمل‌سازی با آرژنین عملکرد در سه نوبت آزمون فزاینده بهتر از گروه دارونما است و ریکاوری تسریع شود. در مطالعه حاضر چندین محدودیت وجود دارد؛ برای مثال در این مطالعه اصل ویژگی رعایت نشده است؛ چراکه آزمون فزاینده روی دوچرخه کارسنج انجام گرفته است و با مهارت و اجرای تکواندو متفاوت است. مکمل تجاری به‌کار گرفته‌شده در تحقیق حاضر نیز ازنظر خلوص و دیگر ترکیبات موجود در آن بررسی نشده است.

نتیجه‌گیری

مکمل‌سازی کوتاه مدت با شش گرم آرژنین، که در مطالعات گذشته نشان داده شده است با افزایش شاخص‌های ساخت NO همراه است (۲۰)، احتمالاً موجب بهبود پویایی جذب اکسیژن و تأخیر در خستگی دختران تکواندوکار حین رکاب‌زدن روی دوچرخه کارسنج می‌شود.

منابع

1. Casolino, E., Cortis, C., Lupo, C., Chiodo, S., Minganti, C., Capranica, L. (2012). Physiological versus psychological evaluation in taekwondo elite athletes. International Journal of Sports Physiology and Performance. 7(4): 322-31.

۲. گائینی، عباسعلی.، محمودی، یدالله.، مرادیان، کیوان. (۱۳۸۹) ارتباط بین ویژگی های پیکری، فیزیولوژیکی و ترکیب بدنی تکواندوکاران نخبه ی مرد با موفقیت آنها. علوم زیستی ورزشی، ۱(۴)، ۵-۲۰.

3. Yavuz, H., Turnagol, H., Demirel, A. (2014). Pre-exercise arginine supplementation increases time to exhaustion in elite male wrestlers. Biology of Sport. 31(3): 187-91.
4. Lacerda, A., Marubayashi, U., Balthazar, C., Coimbra, C. (2012). Energy demands in taekwondo athletes during combat simulation. European Journal of Applied Physiology. 112(4): 1221-8.
5. Bridge, C., Ferreira, J., Chaabène, H., Pieter, W., Franchini, E. (2014). Physical and physiological profiles of taekwondo athletes. Sports Medicine. 44(6): 713-33.
6. Kubo, Y., Nishida, Y. (2013). Relationships of pulmonary oxygen uptake kinetics with skeletal muscle fatigue resistance and peak oxygen uptake in healthy young adults. Journal of Physical Therapy Science. 25(11): 1363-6.
7. Buchheit, M., Hader, K., Mendez, A. (2012). Tolerance to high-intensity intermittent running exercise: do oxygen uptake kinetics really matter?. Frontiers in Physiology. 3(1): 406-14.
8. Hetzler, R., Knowlton, R. (1990). Effect of paraxanthine on FFA mobilization after intravenous caffeine administration in humans. Journal of Applied Physiology. 68(1): 44-7.

۹. معینی، ضیاء.، رحمانی نیا، فرهاد.، رجبی، حمید.، آقا علی نژاد، حمید.، سلامی، فاطمه. (۱۳۸۵) فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی. انتشارات مبتکران، تهران: صفحه ۱۰۱ .

10. Armstrong, N. (2007). Paediatric Exercise Physiology. Churchill Livingstone, UK, 233.
11. Zanconato, S., Cooper, D., Arnon, Y. (1991). Oxygen cost and oxygen uptake dynamics and recovery with 1 minute of exercise in children and adults. Journal of Applied Physiology. 71(1): 992-9.
12. Pons, G., Lenssen, A., Leffers, P., Kingma, H., Lodder, J. (2013). Taekwondo training improves balance in volunteers over 40. Frontiers in Aging Neuroscience. 5(1):10-16.
13. Hong, S. (1997). Research in physiologic biochemistry characteristics of korean excellent Taekwondo athletes. Beijing: Sports University College News. 20 (1), 22-7.
14. Markovi, G., Miigoj, M. (2005). Fitness profile of elite Croatian female taekwondo athletes. Collegium Antropologicum. 29 (1): 93-9.
15. Wu, G. (2009). Arginine metabolism and nutrition in growth, health and disease. Amino Acids. 37(1): 153-68.
16. Bailey, S. (2010). Dietary nitrate supplementation enhances muscle contractile efficiency during knee-extensor exercise in humans. Journal of Applied Physiology. 109(1): 135-48.
17. Bailey, S. (2009). Dietary nitrate supplementation reduces the O2 cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. Journal of Applied Physiology. 107(4):1144-55.
18. Jones, A., Wilkerson, D., Koppo, K., Wilmshurst, S., Campbell, I. (2003). Inhibition of nitric oxide synthase by L-NAME speeds phase II pulmonary vO2 kinetics in the transition to moderate-intensity exercise in man. Journal of Physiology. 552(1): 265-72.
19. Koppo, K., Taes, YE., Pottier, A., Boone, J., Bouckaert, J., Derave, W. (2009). Dietary arginine supplementation speeds pulmonary VO2 kinetics during cycle exercises. Medicine & Science in Sports & Exercise. 41: 1626–32.
20. Bailey, S. (2010). Acute l-arginine supplementation reduces the O2 cost of moderate-intensity exercise and enhances high-intensity exercise tolerance. Journal of Applied Physiology. 109(5):1394-403.
21. Maxwell, A., Ho, H., Le, C., Lin, P., Bernstein, D., Cooke, J. (2001). L-arginine enhances aerobic exercise capacity in association with augmented nitric oxide production. Journal of Applied Physiology. 90(3): 933-8.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1394.13.10.7.5]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.13.10.79]

22. Burnley, M., Jones, A. (2007). Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance. European Journal of Scientific Research. 7(2): 63-79.
23. Schaefer, A. (2002). L-arginine reduces exercise-induced increase in plasma lactate and ammonia. International Journal of Sports Medicine. 23(6): 403-7.
24. Bescós, R. (2009). Effects of dietary L-arginine intake on cardiorespiratory and metabolic adaptation in athletes. International journal of sport nutrition and exercise metabolism. 19(4): 355-65.
25. Colombani, P. (1999). Chronic arginine aspartate supplementation in runners reduces total plasma amino acid level at rest and during a marathon run. European Journal of Nutrition. 38(6): 263-70.
26. Lacerda, A., Marubayashi, U., Balthazar, C., Coimbra, C. (2006). Evidence that brain nitric oxide inhibition increases metabolic cost of exercise, reducing running performance in rats. Neuroscience Letters. 393(2): 260-3.
27. Vanhatalo, A., Jones, A., Blackwell, J., Winyard, P., Fulford, J. (2014). Dietary nitrate accelerates postexercise muscle metabolic recovery and O2 delivery in hypoxia. Journal of Applied Physiology. 117(12): 1460-70.
28. Kelly, J. (2013). Effects of short-term dietary nitrate supplementation on blood pressure, O2 uptake kinetics, and muscle and cognitive function in older adults. American Journal of Physiology. 304(2): 73-83.
29. Clerc, P., Rigoulet, M., Leverve, X., Fontaine, E. (2007). Nitric oxide increases oxidative phosphorylation efficiency. Journal of Bioenergetics and Biomembranes. 39(2): 158-66.
30. Camic, C.L. (2010). The effects of 4 weeks of an arginine-based supplement on the gas exchange threshold and peak oxygen uptake. Applied Physiology, Nutrition and Metabolism. 35(3): 286-93.
31. Larsen, F., Weitzberg, E., Lundberg, J., Ekblom, B. (2007). Effects of dietary nitrate on oxygen cost during exercise. Acta Physiologica. 191(1): 59-66.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1394.13.10.7.5]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.13.10.79]