Quarterly of the Horizon of Medical Sciences
Volume 21, Issue 2, Summer 2015
Pages: 113-119
Type: Original Research

Effect of High-Intensity Interval Training (HIT) for 4 Weeks with and without L-Arginine Supplementation on the Performance of Women's Futsal Players

Hosseini A.[1] *MSc*, Valipour Dehno V.* *PhD*, Azizi M.[2] *PhD*, Khanjari M.[3] *BSc*

*Physical Education Department, Literature & Human Sciences Faculty, Lorestan University, Khorramabad, Iran
[1]Exercise Physiology Department, Physical Education & Sport Sciences Faculty, Boroujerd Branch, Islamic Azad University, Boroujerd, Iran
[2]Sport Physiology Department, Physical Education & Sport Sciences Faculty, Razi University of Kermanshah, Kermanshah, Iran
[3]Physical Education Department, Literature & Human Sciences Faculty, Lorestan University, Khorramabad, Iran

Abstract

Aims: In recent years, consumption of nutrition supplements such as L-Arginine has increased in athletes in order to increase efficiency and reduce fatigue. The purpose of the present study was to examine the effects of 4 weeks of high-intensity interval training (HIT) with and without L-Arginine supplementation on anaerobic and aerobic performance in women's futsal players.

Materials & Methods: In this research study (2013), 20 healthy women futsal players in Kermanshah City, Iran, were selected by available sampling method. Subjects were randomly divided into two groups; training-supplement (n=10) and training-placebo (n=10). Both groups, in addition to futsal specific training, performed RAST (anaerobic sprint test) test as high-intensity interval training protocol, 2 sessions per week for 4 weeks. Before and after the training protocol, subjects performed Bruce and RAST tests in order to measure aerobic and anaerobic power, respectively. Blood samples were collected 30 seconds after the RAST test to measure the levels of serum lactate concentration. All data were analyzed using independent T and paired T tests.

Findings: After the training, both groups showed significant increasing in VO_{2max} and anaerobic power ($p<0.05$) and significant decreasing in blood lactate concentrations ($p<0.05$); percentage of changes were greater for the first than the second group in all three factors.

Conclusion: Using high-intensity interval training in combination with L-Arginine lead to improvement of aerobic and anaerobic fitness in women futsal players.

Keywords
Arginine [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/68001120];
Physical Education and Training [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/68010806];
Anaerobic Threshold [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/68015308];
Exercise [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/68015444]

*Corresponding Author
Tel: +986633120003
Fax: +986633120003
Address: Physical Education Department, Central Organization of Lorestan University, Kilometer 5th of Tehran Road, Khorramabad, Iran
valipour114@yahoo.com
Received: January 17, 2015 Accepted: May 13, 2015 ePublished: June 20, 2015

تاثیر ۴ هفته تمرین سرعتی تناوبی شدید با- و بدون مصرف مکمل ال- آرژنین بر عملکرد زنان فوتسالیست

اکرم حسینی MSc
گروه تربیت بدنی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران
وحید ولی‌پور ده‌نو* PhD
گروه تربیت بدنی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
محمد عزیزی PhD
گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
مهین خنجری BSc
گروه تربیت بدنی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

چکیده
اهداف: در سال‌های اخیر، مصرف مکمل‌های تغذیه‌ای از جمله ال- آرژنین برای افزایش کارآیی و کاهش خستگی ورزشکاران رواج یافته است. هدف پژوهش حاضر، بررسی تاثیر ۴ هفته تمرین سرعتی تناوبی شدید با و بدون مصرف مکمل ال- آرژنین بر عملکرد بی‌هوازی و هوازی زنان فوتسالیست بود.
مواد و روش‌ها: در این مطالعه پژوهشی در سال ۱۳۹۲، ۲۰ زن سالم فوتسالیست شهر کرمانشاه با روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند. آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی به دو گروه تمرین- مکمل (۱۰ نفر) و تمرین- دارونما (۱۰ نفر) تقسیم شدند. هر دو گروه علاوه بر تمرینات ویژه فوتسال، آزمون RAST (آزمون بی‌هوازی دوی سرعت) را به‌عنوان پروتکل تمرین سرعتی تناوبی شدید، ۲ جلسه در هفته به‌مدت ۴ هفته اجرا کردند. پیش و پس از اجرای پروتکل تمرینی، آزمودنی‌ها به ترتیب آزمون‌های *بروس* و RAST را برای اندازه‌گیری توان هوازی و بی‌هوازی انجام دادند. نمونه‌های خونی ۳۰ ثانیه پس از آزمون RAST برای اندازه- گیری غلظت لاکتات خون گرفته شد. برای تحلیل داده‌ها از آزمون‌های T زوجی و T مستقل استفاده شد.
یافته‌ها: پس از دوره تمرین، توان هوازی و بی‌هوازی در هر دو گروه افزایش معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) و غلظت لاکتات خون کاهش معنی‌دار یافت ($p<۰/۰۵$)؛ درصد تغییرات در هر سه عامل در گروه اول بیشتر بود.
نتیجه‌گیری: استفاده از تمرینات تناوبی سرعتی شدید به‌همراه مکمل ال- آرژنین باعث بهبود آمادگی هوازی و بی‌هوازی در زنان فوتسالیست می‌شود.

کلیدواژه‌ها: ال- آرژنین، تمرین سرعتی تناوبی شدید، توان بی‌هوازی، توان هوازی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۱/۲۴
*نویسنده مسئول: valipour114@yahoo.com

مقدمه
برای طراحی برنامه تمرینی ورزشکاران، شناسایی نیازهای فیزیولوژیک هر ورزش، همچنین شناخت روش‌های تمرینی مناسب و موثر برای بهبود اجرای ورزشی ضروری است. یکی از روش‌های بهبود عملکرد هوازی و بی‌هوازی، تمرینات سرعتی تناوبی شدید است که در سال‌های اخیر مورد توجه ورزشکاران، مربیان و پژوهشگران علوم ورزشی قرار گرفته است. تمرینات سرعتی تناوبی شدید در وهله‌های تکراری کوتاه‌مدت تا متوسط (۱۰ ثانیه تا ۵ دقیقه) با شدتی بالاتر از آستانه بی‌هوازی اجرا می‌شود که با دوره‌های استراحت فعال کم‌شدت یا غیرفعال از یکدیگر جدا می‌شوند، تا بازگشت به حالت اولیه نسبی را فراهم سازد [۱]. ویژگی بارز این گونه تمرینات، حجم کم آنهاست [۲]، به‌طوری که در مطالعه‌ای تنها با ۶ جلسه تمرین در طول ۲ هفته، بهبود قابل توجهی در عملکرد ورزشی مشاهده شد [۳]. بهینه‌سازی تمرینات تناوبی شدید به بهینه‌کردن شدت، مدت، تعداد وهله‌های تمرینی به‌علاوه شکل فعال یا غیرفعال و مدت استراحت بین وهله‌های تمرینی باز می‌گردد [۱]. دامنه‌ای وسیع از سازگاری‌ها پس از تمرینات تناوبی شدید نشان داده شده است که شامل بهبود کارآیی سوخت‌وسازی، افزایش محتوای گلیکوژن استراحتی عضله اسکلتی، حداکثر فعالیت آنزیم‌های گلیکولیتیک و اکسایشی و ظرفیت بافری‌کردن H^+ می‌شود [۴، ۵]. همچنین افزایش و عدم تغییر اکسیژن مصرفی بیشینه پس از تمرینات تناوبی شدید گزارش شده است [۴، ۶].

امروزه مصرف مکمل‌های ورزشی به‌میزان زیادی رواج یافته است و مکمل‌های تغذیه‌ای و بیوشیمیایی به‌طور مداوم به محیط ورزش و آمادگی جسمانی وارد می‌شوند. همچنان که استفاده از این مکمل‌های تغذیه‌ای افزایش می‌یابد، نیاز به بررسی اثرات آنها بر اجرای انسان ضروری می‌نماید. در این میان، اسیدهای آمینه رایج‌ترین مکمل‌های تغذیه‌ای هستند که توسط ورزشکاران برای بهبود کارآیی ورزشی مصرف می‌شوند. از جمله این مکمل‌ها که در سال‌های اخیر مصرف آن با هدف افزایش کارآیی و کاهش خستگی ورزشکاران پیشنهاد شده، می‌توان به ال-آرژنین اشاره کرد. ال- آرژنین یک اسیدآمینه ضروری مشروط است. دریافت معمول ال- آرژنین در بدن ۳ تا ۵گرم در روز است و از عملکردهای آن در بدن شرکت در سنتز پروتئین است [۷، ۸]. ال-آرژنین پیش‌ساز سنتز درون‌زاد "نیتریک‌اکسید" است و نیتریک‌اکسید به‌عنوان یک پیامبر ثانویه به‌وسیله افزایش غلظت گوانوزین‌مونوفسفات حلقوی موجب شل‌شدن عضله صاف و بدین طریق انبساط عروق خونی و افزایش جریان خون در عضله فعال در خلال ورزش می‌شود [۹، ۱۰]. نشان داده شده است که ال-آرژنین به‌عنوان پیش‌ساز سنتز نیتریک‌اکسید، سبب کاهش تجمع لاکتات ناشی از ورزش می‌شود. همچنین نیتریک‌اکسید سبب تعدیل سوخت‌وساز عضلات از جمله

برداشت گلوکز، مهار گلیکولیز و برداشت اکسیژن میتوکندریایی می‌شود [۱۱].

بیلی و همکاران در مطالعه‌ای اثرات حاد مصرف ۶گرم ال-آرژینین در مردان سالم را بررسی کردند و نشان دادند که افزایش موجودیت زیستی نیتریک‌اکسید از طریق مکمل‌سازی ال-آرژینین، هزینه اکسیژن ورزش با شدت متوسط را کاهش و بخش کند VO_2 (اکسیژن مصرفی) را مسطح و زمان تا واماندگی را طولانی‌تر می‌کند [۱۲]. *فوربس* و همکاران، اثرات حاد ال-آرژینین بر پاسخ‌های هورمونی و سوخت‌وسازی در خلال ورزش زیربیشینه در دوچرخه‌سواران تمرین‌کرده را بررسی کردند و نشان دادند که مصرف حاد ال-آرژینین پاسخ‌های هورمونی، سوخت‌وسازی یا قلبی- تنفسی را تغییر نمی‌دهد، اما افزایش معنی‌داری در گلیسرول در دقیقه ۴۵ از ورزش و کاهش در اکسیداسیون چربی در شروع ورزش را ایجاد می‌کند [۱۳]. *ابل* و همکاران در بررسی اثر ۴ هفته مصرف مکمل آرژینین- آسپارتات با دوز پایین (۵گرم) و دوز بالا (۱۴/۴گرم)، اختلافی در غلظت هورمون رشد پلاسما مشاهده نکردند [۱۴]. به هر حال پژوهش‌ها در مردان سالم و از نظر جسمانی فعال، اثرات مثبت، بدون اثر و اثرات مخرب را پس از مکمل‌سازی ال-آرژینین گزارش کرده‌اند [۱۳]. در رابطه با تاثیر مصرف مکمل ال-آرژینین بر سطح اسیدلاکتیک خون و VO_{2max} (حداکثر اکسیژن مصرفی) ورزشکاران مطالعاتی انجام شده است که نتایج آنها ضدونقیض بوده است [۷، ۱۷-۱۵]. همچنین با وجود مطالعات در رابطه با تاثیر تمرینات سرعتی تناوبی شدید بر عملکرد هوازی و بی‌هوازی در ورزشکاران، پژوهشگران نتایج متفاوت و متناقضی را در بهبود اجرا گزارش کرده‌اند [۴، ۲۱-۱۸]. تا آنجا که ما می‌دانیم تاکنون اثر همزمان تمرین سرعتی تناوبی شدید و مکمل ال-آرژینین بر اجرای هوازی و بی‌هوازی فوتسالیست‌های زن بررسی نشده است.

بنابراین هدف مطالعه حاضر بررسی تاثیر ۴ هفته تمرین سرعتی تناوبی شدید، با و بدون مصرف مکمل ال-آرژینین بر عملکرد بی‌هوازی و هوازی زنان فوتسالیست بود.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه پژوهشی در سال ۱۳۹۲، ۲۰ زن سالم فوتسالیست شهر کرمانشاه با روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شده و مورد بررسی قرار گرفتند. این افراد به‌صورت داوطلبانه در مطالعه شرکت کرده و پس از اطلاع از تمام مراحل پژوهش، رضایت خود را به‌صورت کتبی برای حضور در برنامه اعلام نمودند. از آزمودنی‌ها خواسته شد تا رژیم غذایی طبیعی خود را در تمام مدت مطالعه حفظ کنند و از خوردن هر گونه مکمل غذایی و ورزشی به‌جز مکمل مطالعه پرهیز نمایند. آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی به دو گروه تمرین- مکمل (۱۰ نفر) و تمرین- دارونما (۱۰ نفر) تقسیم شدند. دو روز پیش و پس از انجام پروتکل تمرینی، آزمودنی‌های هر دو گروه، آزمون فزاینده *بروس* را روی نوار گردان برای تعیین توان هوازی و آزمون RAST (آزمون بی‌هوازی دوی سرعت) را برای تعیین توان بی‌هوازی با اسیدلاکتیک اجرا کردند. آزمون‌ها با فاصله ۴۸ ساعت از هم اجرا شدند.

برای اجرای آزمون RAST، آزمودنی‌ها فاصله ۳۵متری را ۶ بار با سرعت تمام دویدند و بین هر وهله ۱۰ ثانیه استراحت کردند [۲۲]. سپس با استفاده از فرمول‌های موجود، توان بی‌هوازی با اسیدلاکتیک آزمودنی‌ها تعیین شد.

از آزمون *بروس* برای تعیین توان هوازی استفاده شد [۲۳]. به‌طور خلاصه، آزمودنی با سرعت ۲/۷۴کیلومتر بر ساعت و شیب ۱۰٪ شروع به دویدن می‌کرد. در فواصل ۳دقیقه‌ای، شیب ۲٪ و سرعت نیز براساس جدول افزایش سرعت ویژه آزمون، افزایش پیدا می‌کرد. در نهایت مقدار زمانی که آزمودنی روی تردمیل می‌دوید ثبت می‌شد و با استفاده از فرمول، توان هوازی آزمودنی‌ها تعیین می‌شد. ضمناً آزمون‌ها در پیش‌آزمون و پس‌آزمون راس ساعت ۳ بعد از ظهر انجام شدند.

۳۰ ثانیه پس از آزمون RAST (ساعت ۳ بعد از ظهر) در پیش‌آزمون و پس‌آزمون مقدار ۳سی‌سی خون از ورید بازویی آزمودنی‌ها توسط متخصص گرفته شد. بعد از ضدعفونی‌کردن محل نمونه‌گیری روی دست ورزشکار به‌وسیله الکل، مقدار ۳سی‌سی خون با استفاده از سرنگ گرفته و سریعاً به ویال حاوی ماده ضدانعقاد (EDTA) اضافه شد. سپس به‌مدت ۶۰-۳۰ ثانیه هم زده شد تا خون با ماده ضدانعقاد به‌صورت کامل مخلوط شود. با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ و با دور g ۳۰۰۰ در دقیقه، خون سانتریفیوژ شد تا پلاسما به‌دست آید. سپس پلاسما به‌آرامی جدا شده و آزمون اندازه‌گیری لاکتات طبق روش طراحی‌شده در کیت لاکتات (شرکت پارس‌آزمون؛ ایران) با حساسیت ۰/۰۰۱میلی‌مول بر لیتر انجام گرفت. اندازه‌گیری لاکتات به‌وسیله دستگاه آنالایزر (هیتاچی ۹۱۷؛ ژاپن) انجام شد.

هر دو گروه علاوه بر تمرینات ویژه فوتسال طبق برنامه قبلی، تمرین سرعتی تناوبی شدید را ۲ جلسه در هفته به‌مدت ۴ هفته اجرا کردند. پروتکل تمرینی شامل اجرای ۲ دور پروتکل RAST با ۳ دقیقه استراحت بین هر دور در هفته اول، ۳ دور در هفته دوم، ۴ دور در هفته سوم و ۳ دور در هفته چهارم اجرا شد. زمان استراحت بین دورها در طول ۴ هفته تمرین، ۳ دقیقه بود.

از یک هفته قبل از اجرای پروتکل، گروه اول از مکمل آرژینین و گروه دوم از دارونما استفاده کردند. مکمل به‌صورت قرص‌های یک‌گرمی آرژینین و دارونما نیز به‌صورت قرص‌های یک‌گرمی گلوکز هم‌شکل و هم‌رنگ بود. مقدار مصرف مکمل، ۴گرم در روز و زمان مصرف آن در روزهای تمرینی یک ساعت قبل از تمرین و در روزهای غیرتمرینی صبح و شب قبل از خواب بود [۱۱، ۲۴].

برای بررسی نرمال‌بودن توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. برای بررسی اختلاف احتمالی بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هر گروه از آزمون T وابسته و برای بررسی اختلاف احتمالی بین گروه‌ها از آزمون T مستقل استفاده شد.

یافته‌ها

در گروه تمرین- مکمل، میانگین سنی ۱/۴۵±۲۲/۹۰ سال و میانگین وزن ۵/۰۴±۵۹/۴۰ کیلوگرم بود. در گروه تمرین- دارونما نیز میانگین سنی ۱/۳۳±۲۲/۰۰ سال و میانگین وزن ۳/۳۸±۵۵/۱۰ کیلوگرم بود.

آزمودنی‌های دو گروه در پیش‌آزمون در تمام آزمون‌ها اختلاف معنی‌داری نداشتند ($p>0/05$)، اما در پس‌آزمون اختلاف معنی‌داری در هر سه متغیر بین دو گروه مشاهده شد ($p<0/05$). در نتیجه تمرینات، توان هوازی و توان بی‌هوازی در هر دو گروه افزایش معنی‌داری را نشان داد ($p<0/05$)، اما غلظت لاکتات خون به‌طور معنی‌داری در هر دو گروه کاهش یافت ($p< 0/05$). بیشترین تغییرات در هر دو گروه به ترتیب برای آزمون‌های توان بی‌هوازی (۳۸/۵۸٪ در برابر ۱۹/۸۵٪)، مقدار لاکتات (۳۱/۱۲-٪ در برابر ۱۴/۶۶-٪) و توان هوازی (۵/۸۰٪ در برابر ۱/۷۹٪) بود. همچنین درصد تغییرات در همه آزمون‌ها در گروه اول بیشتر از گروه دوم بود (جدول ۱).

جدول ۱) مقایسه میانگین آماری متغیرهای مورد اندازه‌گیری

متغیرها	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	درصد تغییرات	سطح معنی‌داری
توان هوازی (میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه)				
گروه تجربی	۴۴/۴۲±۰/۵۴	۴۷/۰۰±۰/۸۲	۵/۸۰	<۰/۰۰۱
گروه کنترل	۴۴/۴۹±۰/۲۴	۴۵/۲۹±۰/۳۸	۱/۷۹	<۰/۰۰۱
سطح معنی‌داری	>۰/۷۰	<۰/۰۰۱	–	–
توان بی‌هوازی (وات بر کیلوگرم)				
گروه تجربی	۱۸۵/۲۰±۲۵/۰۱	۲۵۱/۱۰±۳۹/۷۱	۳۵/۵۸	<۰/۰۰۱
گروه کنترل	۱۷۴/۳۰±۳۴/۵۰	۲۰۸/۹۰±۴۳/۲۲	۱۹/۸۵	<۰/۰۰۱
سطح معنی‌داری	>۰/۴۲	<۰/۰۳	–	–
لاکتات خون (میلی‌مول بر لیتر)				
گروه تجربی	۹/۳۵±۲/۹۱	۶/۴۴±۲/۹۲	-۳۱/۱۲	<۰/۰۰۱
گروه کنترل	۱۰/۶۴±۲/۹۲	۹/۰۸±۲/۹۶	-۱۴/۶۶	<۰/۰۰۱
سطح معنی‌داری	>۰/۳۳	<۰/۰۶	–	–

بحث

نتایج پژوهش حاضر افزایش توان هوازی، توان بی‌هوازی و کاهش لاکتات در زنان فوتسالیست را نشان داد. همچنین نتایج نشان داد که استفاده از مکمل آرژینین به‌همراه این تمرینات می‌تواند توان هوازی و توان بی‌هوازی را در زنان فوتسالیست بیشتر افزایش دهد. یکی از دلایل افزایش توان هوازی و توان بی‌هوازی و کاهش لاکتات در آزمودنی‌های مطالعه حاضر استفاده از پروتکل RAST بوده است، زیرا فاصله استراحت کوتاه و متناوب بین تکرارها و دورهای آن، باعث تحریک بیشتر سوخت‌وساز هوازی و نیز دفع بیشتر لاکتات از خون می‌شود. در طول وهله‌های کوتاه‌مدت و تکراری فعالیت با شدت بیشینه، سوخت‌وساز فسفاژن‌های پرانرژی، گلیکولیز بی‌هوازی و سوخت‌وساز اکسایشی، همه در چرخه بازسازی ATP مشارکت می‌کنند [۲۵]. افزایش فعالیت آنزیم‌های کلیدی این سیستم‌های انرژی، در بهبود اجرای سرعتی نقش دارند. از این رو هم وهله‌های فعالیت سرعتی و هم تواتر تمرینات، بر اجرا و سازگاری آنزیمی موثر هستند [۲۶].

در مطالعه حاضر، حداکثر اکسیژن مصرفی پس از تمرینات در هر دو گروه افزایش معنی‌داری یافت، ولی این افزایش در گروه اول بیشتر بود. این نتیجه با نتایج تحقیقات *بورگومستر* و همکاران و *بیلی* و همکاران همخوانی دارد که بین تمرینات تناوبی شدید و عملکرد هوازی رابطه مثبتی را مشاهده کرده‌اند [۲۱، ۲۷]. *ماکسول* و همکاران پیشنهاد کردند که ال-آرژینین تولید سیستمی نیتریک‌اکسید را بالا می‌برد و ظرفیت ورزش هوازی در موش‌های طبیعی و دارای کلسترول بالا را افزایش می‌دهد [۲۸]. بهبود VO_{2max} ممکن است به‌واسطه افزایش تحویل یا مصرف اکسیژن به‌وسیله عضلات فعال و همچنین افزایش شبکه مویرگی و چگالی میتوکندریایی نسبت داده شود [۲۷]. همچنین افزایش بیشتر در توان هوازی در گروه اول به‌نظر می‌رسد ناشی از مصرف مکمل آرژینین بوده است، زیرا پنداشته شده است که آرژینین با افزایش ترشح نیتریک‌اکسید سبب انبساط عروقی و افزایش جریان خون به بافت عضله می‌شود که بدین طریق موجب افزایش رهایش مواد مغذی و افزایش توزیع اکسیژن و به‌دنبال آن افزایش حداکثر

اکسیژن مصرفی در پاسخ همودینامیک و عروقی به مصرف آرژینین می‌شود [۱۶]. سازگاری‌های فیزیولوژیک مرتبط با تمرین متناوب با شدت بالا شامل بهبود کارآیی سوخت‌وسازی مرتبط با استفاده کارآتر سوبسترای عضله اسکلتی و بهبود حساسیت کنترل تنفسی ناشی از افزایش چگالی میتوکندریایی هستند [۵]. این سازگاری‌ها به‌همراه نقش نیتریک‌اکسید در افزایش جریان خون عضله اسکلتی فعال منجر به افزایش مصرف اکسیژن به‌وسیله عضله اسکلتی و در نتیجه افزایش توان هوازی می‌شود.

در مطالعه حاضر توان بی‌هوازی در هر دو گروه افزایش یافت، اما این افزایش به‌نفع گروه اول بود که مکمل آرژینین مصرف کرده بودند. از دلایل افزایش توان بی‌هوازی در مطالعه حاضر احتمالاً دفع بیشتر اسیدلاکتیک در زمان استراحت بین وهله‌های آزمون RAST بوده که بالطبع باعث می‌شود در وهله‌های تمرین، آزمودنی با توان بیشتری فعالیت سرعتی را اجرا کند. همچنین می‌توان به نقش آرژینین در سنتز نیتریک‌اکسید برای بهبود اجرای بی‌هوازی اشاره کرد. افزایش خون‌رسانی در پاسخ به مصرف مکمل آرژینین باعث دفع بیشتر لاکتات از خون در فاصله استراحت و افزایش توان بی‌هوازی شده است. نیتریک‌اکسید عملکردهایی شامل تولید نیرو و توان، اتساع رگی، سنتز پروتئین، فعال‌سازی سلول‌های ماهواره‌ای، بیوژنز میتوکندری و هموستاز گلوکز را وساطت می‌کند [۱۰]. این مجموعه عوامل احتمالاً در افزایش توان بی‌هوازی در آزمودنی‌های مطالعه حاضر نقش داشته‌اند. همچنین ال-آرژینین ممکن است غلظت‌های لاکتات و آمونیاک را کاهش دهد و بدین طریق قدرت و ظرفیت کار عضله در خلال ورزش را بهبود بخشد [۱۰]. همسو با دیگر مطالعات [۴، ۲۹]، عملکرد بی‌هوازی شامل حداکثر برون‌ده توان بی‌هوازی، میانگین و حداقل برون‌ده توان بی‌هوازی در طول پروتکل RAST در هر دو گروه افزایش یافت، اما این افزایش به‌نفع گروه اول بود. البته عدم تغییر اجرای بی‌هوازی نیز توسط برخی پژوهشگران گزارش شده است [۹، ۳۰]، به‌طوری که *لیو* و همکاران هیچ گونه تفاوت معنی‌دار در توان بی‌هوازی بیشینه و متوسط در خلال چندین دور آزمون ورزشی با چرخ کارسنج بعد از مکمل‌سازی خوراکی ۶گرم ال-آرژینین یا دارونما برای ۳ روز، در ۱۰ جودوکار نخبه مرد دانشگاهی مشاهده نکردند. همچنین آنها در غلظت لاکتات پلاسما و غلظت‌های آمونیاک، نیترات و نیتریت هیچ گونه تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها مشاهده نکردند [۱۰]. به‌نظر می‌رسد مقدار اثرات ال-آرژینین بر اجرای ورزش، وابسته به نوع ورزش، شدت، فواصل استراحت و سطح ورزشکاران باشد. به هر حال، سازوکارهای مسئول افزایش توان بی‌هوازی در طول پروتکل RAST را احتمالاً می‌توان به؛ ۱) افزایش آنزیم‌های بی‌هوازی، ۲) تغییر در نیم‌رخ تارهای عضلانی، ۳) افزایش غلظت فسفوکراتین عضله و ۴) سازگاری‌های عصبی نسبت داد [۳۱].

در مطالعه حاضر میزان لاکتات خون در گروه اول به‌طور معنی‌داری از لاکتات خون گروه دوم کمتر بود. *بورگومستر* و همکاران کاهش انباشت لاکتات خون آزمودنی‌ها را پس از تمرینات تناوبی شدید مشاهده کردند [۲۷] که با یافته‌های تحقیق حاضر همخوانی دارد. در مقابل، *مک‌کینا* و همکاران عدم تغییر لاکتات خون را به‌دنبال تمرینات تناوبی شدید گزارش کردند [۳۲]. *شافر* و همکاران تغییرات سوخت‌وسازی در پاسخ به تزریق ۳گرم ال-آرژینین‌هیدروکلراید در خلال ورزش فزاینده روی دوچرخه کارسنج را بررسی کردند. آنها افزایش کمتر و معنی‌داری در غلظت لاکتات پلاسما و آمونیاک به‌علاوه غلظت‌های خیلی بالای ال-سیترولین (محصول دفعی سنتز نیتریک‌اکسید) را مشاهده کردند [۱۰]. به‌نظر می‌رسد که کاهش تولید لاکتات به‌علت ویژگی تمرینات تناوبی است که به‌علت درگیرکردن بیشتر متابولیزم هوازی در فاصله استراحت بین وهله‌های آزمون RAST، باعث دفع بیشتر لاکتات شده است. همچنین آرژینین از طریق مسیر نیتریک‌اکسید می‌تواند موجب مهار گلیکولیز و در نتیجه کاهش تولید لاکتات شود [۲۴]. ادعا شده است که آرژینین افزایشی، تحویل خون به عضله فعال را تقویت می‌کند و سوبستراهای ضروری برای بهبود بازگشت به حالت اولیه و سنتز پروتئین در خلال یا بعد از ورزش را افزایش می‌دهد. آرژینین همچنین برداشت بیشتر متابولیت‌هایی مانند لاکتات و آمونیاک را افزایش می‌دهد که با خستگی عضله در خلال ورزش جسمانی شدید مرتبط هستند [۱۰]. به‌دنبال تمرینات تناوبی شدید، ظرفیت بافرینگ یون‌های هیدروژن افزایش می‌یابد و به‌همراه مکمل آرژینین باعث می‌شود که میزان لاکتات پس از اجرای فعالیت (RAST) کاهش یابد. علی‌رغم اثرات مثبت و معنی‌دار تمرین و مکمل ال-آرژینین بر توان هوازی و بی‌هوازی زنان فوتسالیست، به‌نظر می‌رسد یکی از محدودیت‌های احتمالی این پژوهش عدم کنترل دقیق تغذیه و خواب آزمودنی‌ها بوده است که در پژوهش-های انسانی این عمل اجتناب‌ناپذیر است. به هر حال با توجه به نتایج پژوهش حاضر پیشنهاد می‌شود استفاده کوتاه‌مدت (۴ هفته) مکمل ال-آرژینین به‌همراه تمرینات تناوبی شدید در ورزشکاران به‌ویژه فوتسالیست‌های زن به‌کار گرفته شود. همچنین با توجه به ماهیت اینتروال ورزش فوتسال، استفاده از این تمرینات (RAST) برای بهبود اجرای هوازی و بی‌هوازی ورزشکاران فوتسالیست زن پیشنهاد می‌شود. تا جایی که پژوهشگر مطالعه نموده است تاکنون مطالعه‌ای راجع به اثرات مکمل ال-آرژینین به‌همراه تمرینات تناوبی شدید در زنان فوتسالیست انجام نشده است که پیشنهاد می‌شود مطالعات بیشتری به‌منظور تقویت یا تایید احتمالی نتایج این پژوهش انجام شود.

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر، افزایش اجرای هوازی و بی‌هوازی را در پاسخ به ۴ هفته تمرینات سرعتی تناوبی شدید به‌همراه مکمل آرژینین در زنان فوتسالیست نشان می‌دهد. مهم‌تر اینکه تمرینات تناوبی شدید با وجود حجم بسیار کم (به‌طور میانگین ۲ الی ۴ دقیقه در هر جلسه) موجب افزایش توان هوازی و بی‌هوازی در زنان فوتسالیست می‌شود. همچنین مصرف مکمل آرژینین در خلال این دوره از تمرینات سرعتی تناوبی شدید می‌تواند هم اجرای هوازی و هم بی‌هوازی را بیشتر بهبود بخشد. به هر حال، استفاده از این گونه تمرینات به‌همراه مکمل آرژینین به مربیان و ورزشکاران زن توصیه می‌شود.

تشکر و قدردانی: در پایان از تمامی اعضای تیم فوتسال زنان باشگاه شهدای کرمانشاه به پاس تلاش‌هایشان در مدت مطالعه صمیمانه تقدیر و تشکر می‌نماییم.

تاییدیه اخلاقی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

تعارض منافع: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

منابع مالی: توسط خانم اکرم حسینی تامین شده است.

منابع

1- Laursen PB, Jenkins DG. The scientific basis for high-intensity interval training: Optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. Sports Med. 2002;32(1):53-73.

2- Gibala MJ, McGee SL. Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: A little pain for a lot of gain?. Exerc Sport Sci Rev. 2008;36(2):58-63.

3- Burgomaster KA, Hughes SC, Heigenhauser GJ, Bradwell SN, Gibala MJ. Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. J Appl Physiol. 2005;98(6):1985-90.

4- Farzad B, Gharakhanlou R, Bayati M, Agha Alinejad H, Bahraminejad M, Mehrabian F, et al. Effect of a period of high-intensity interval training on selected aerobic and anaerobic performance and hematological indices in athletes. Res Sport Sci. 2011;3(10):69-88.

5- Robinson EH, Stout JR, Miramonti AA, Fukuda DH, Wang R, Townsend JR, et al. High-intensity interval training and β-hydroxy-β-methylbutyric free acid improves aerobic power and metabolic thresholds. J Int Soc Sports Nutr. 2014;11:16.

6- Esfarjani F, Laursen PB. Manipulating high-intensity interval training: Effects on VO2max, the lactate threshold and 3000m running performance in moderately trained males J Sci Med Sport. 2007;10(1):27-35.

7- Campbell B, Paul M, Robert M. The ergogenic potential of arginine. J Int Soci Sport Nut. 2004;1(2):35-8.

8- Sharma N, Shori G, Jaipuriar DS. Effects of single dose of citrullinf malate on performance in collegiate male athletes. Rom J Phys Ther. 2014;20(33):27-34.

9- Stamler JS, Meissner G. Physiology of nitric oxide in skeletal muscle. Physiol Rev. 2001;81(1):209-37.

10- Álvares TS, Meirelles CM, Bhambhani YN, Paschoalin VM, Gomes PS. L-Arginine as a potential ergogenic aid in healthy subjects. Sports Med. 2011;41(3):233-48.

11- Muazzezzaneh A, Keshavarz SA, Sabour Yaraghi AA, Djalali M, Rahimi A. Effect of L-Arginine supplementation on blood lactate level and VO2 max at anaerobic threshold performance. Feyz. 2010;14(3):200-8.

12- Bailey SJ, Winyard PG, Vanhatalo A, Blackwell JR, DiMenna FJ, Wilkerson DP, et al. Acute L-arginine supplementation reduces the O2 cost of moderate-intensity exercise and enhances high-intensity exercise tolerance. J Appl Physiol. 2010;109(5):1394-403.

13- Forbes SC, Harber V, Bell GJ. The acute effects of L-arginine on hormonal and metabolic responses during submaximal exercise in trained cyclists. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2013;23(4):369-77.

14- Da Silva DVT, Conte Junior CA, Paschoalin VMF, Alvares TdS. Hormonal response to L-arginine supplementation in physically active individuals. Food Nutr Res. 2014;58:1-6.

15- Abel T, Knechtle B, Perret C, Eser P, Von Arx P, Knecht H. Influence of chronic supplementation of arginine aspartate in endurance athletes on performance and substrate metabolism: A randomized, double-blind, placebo-controlled study. Int J Sports Med. 2005;26(5):344-9.

16- Nagaya N, Uematsu M, Oya H, Sato N, Sakamaki F, Kyotani S, et al. Short-term oral administration of L-arginine improves hemodynamics and exercise capacity in patients with precapillary pulmonary hypertension. Am J Respir Crit Care Med. 2001;163(4):887-91.

17- Sales RP, Mine CEC, Franco HD, Rodrigues EL, Pelogia NCC, Silva RS, et al. Effects of the acute arginine aspartate supplement on the muscular fatigue in trained volunteers. Rev Bras Med Esporte. 2005;1(6):347-51.

18- Bishop D, Edge J, Thomas C, Mercier J. Effects of high-intensity training on muscle lactate transporters and postexercise recovery of muscle lactate and hydrogen ions in women. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 2008;295(6):R1991-8.

19- Siahkouhian M, Khodadadi D. The effects of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on aerobic and anaerobic indices in athlete boys. Sport Physiol. 2013;5(18):39-52.

20- Bayati M, Gharakhanlou R, AghaAlinejad H, Farzad F. The effects of high-intensity sprint interval training programs on aerobic and anaerobic performance in untrained men. Res Sport Sci. 2011;9:25-40.

21- Bailey SJ, Wilkerson DP, Dimenna FJ, Jones AM. Influence of repeated sprint training on pulmonary O2 uptake and muscle deoxygenation kinetics in humans. J Appl Physiol. 2009;106(6):1875-87.

22- Tabarestani M, Chobineh S, Kordi MR, Tabarestani M. A comparison of the effect of one session of aerobic and anaerobic exercise on changes of IgA/salivary total protein ratio in non-athlete girls. J Sport Biosci. 2011;3(9):63-76.

23- Mirzaee B, Rahmaninia F, Mehrabani J. Evaluate the validity of bruce and conkany test with gas analysis in wrestler. J Sport Biosci. 2006;29:111-22.

24- Schaefer A, Piquard F, Geny B, Doutreleau S, Lampert E, Mettauer B, et al. L-arginine reduces exercise-induced increase in plasma lactate and ammonia. Int J Sports Med. 2002;23(6):403-7.

25- Barnett C, Carey M, Proietto J, Cerin E, Febbraio MA, Jenkins D. Muscle metabolism during sprint exercise in man: Influence of sprint training. J Sci Med Sport. 2004;7(3):314-22.
26- Billat LV. Interval training for performance: Interval training for performance: A scientific and empirical practice. Special recommendations for middle-and long-distance running. Part II: anaerobic interval training. Sports Med. 2001;31(2):75-90.
27- Burgomaster KA, Heigenhauser GJ, Gibala MJ. Effect of short-term sprint interval training on human skeletal muscle carbohydrate metabolism during exercise and time-trial performance. J Appl Physiol. 2006;100(6):2041-7.
28- Maxwell AJ, Ho HV, Le CQ, Lin PS, Bernstein D, Cooke JP. L-arginine enhances aerobic exercise capacity in association with augmented nitric oxide production. J Appl Physiol. 2001;90(3):933-8.
29- Jansson E, Esbjörnsson M, Holm I, Jacobs I. Increase in the proportion of fast-twitch muscle fibres by sprint training in males. Acta Physiol Scand. 1990;140(3):359-63.
30- Jonsdottir IH, Jungersten L, Johansson C, Wennmalm A, Thorén P, Hoffmann P. Increase in nitric oxide formation after chronic voluntary exercise in spontaneously hypertensive rats. Acta Physiol Scand. 1998;162(2):149-53.
31- Farzad BA, Gharakhanlou R, Agha Alinejad H, Bahraminejad M, Bayati M, Mehrabian F, et al. Effect of 4 weeks of supramaximal sprint interval training on physiological, hormonal and metabolic factors. Iran J Endocrinol Metab. 2010;12(1):34-41.
32- Mc Kenna MJ, Heigenhauser GJ, Mc Kelvie RS, Mac Dougall JD, Jones NL. Sprint training enhances ionic regulation during intense exercise in men. J Physiol. 1997;501(3):687-702.