

The Effect of High-Intensity Interval Training Combined with Beta-Alanine Supplementation on Cardiorespiratory Performance and Blood Lactate in Active Women

Faezeh Roozbeh¹, Parvaneh Nazarali², Fahimeh Kazemi³

1. M.Sc in Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran.

2. Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran.

3. Assistant Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran

* **Corresponding author.** Tel: +982185692689, E-mail: f.kazemi@alzahra.ac.ir

Received: Feb 12, 2024

Accepted: Sep 25, 2024

ABSTRACT

Background & objectives: Beta-alanine supplementation is known to enhance athletic performance. The aim of this study was to evaluate the effect of a period of high-intensity interval training (HIIT) combined with beta-alanine supplementation on cardiorespiratory performance and blood lactate levels in active women.

Methods: Thirty-two active young women were divided into four groups (eight individuals per group): control (placebo), supplement, and training combined either with placebo or supplement. In the pre-test and post-test, blood samples were collected, and cardiorespiratory performance was evaluated by measuring maximum heart rate (HR_{max}), distance walked, aerobic power (VO_{2max}), and blood lactate levels were evaluated after Cooper's test. The supplement group received four grams of beta-alanine daily for eight weeks, while the training groups completed an eight weeks HIIT program. Data were analyzed using two-way repeated measures analysis.

Results: There was no significant difference in distance walked and VO_{2max} between the four groups at both time points. However, significant differences were observed in HR_{max} and blood lactate levels among the groups ($p < 0.05$). HR_{max} and blood lactate of the supplement and training group were significantly lower than the other three groups, and blood lactate of the supplement group was also significantly lower than the control group ($p < 0.05$). Additionally, the supplement and training group had significantly increased distance walked and VO_{2max} compared to the control and training with placebo group, and the supplement group compared to the control group ($p < 0.05$).

Conclusion: The combination of HIIT and beta-alanine supplementation had a more pronounced effect on cardiorespiratory performance and blood lactate levels in active women compared to either intervention alone.

Keywords: Beta-alanine; HR_{max} ; Distance Walked; VO_{2max} ; Lactate; HIIT

تأثیر یک دوره تمرینات تناوبی شدید همراه با مصرف مکمل بتا-آلانین بر عملکرد قلبی- تنفسی و لاکتات خون زنان فعال

فائزه روزبه^۱، پروانه نظرعلی^۲، فهیمه کاظمی^۳

۱. کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه الزهرا (س)، تهران، ایران

۲. استاد، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه الزهرا (س)، تهران، ایران

۳. استادیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه الزهرا (س)، تهران، ایران

* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۲۱ ۸۵۶۹۲۶۸۹ ایمیل: f.kazemi@alzahra.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: مکمل دهی بتا-آلانین می‌تواند در عملکرد ورزشکاران مؤثر باشد. هدف از پژوهش حاضر، تعیین تأثیر یک دوره تمرینات تناوبی شدید (HIIT) همراه با مصرف مکمل بتا-آلانین بر عملکرد قلبی-تنفسی و لاکتات خون زنان فعال بود.

روش کار: ۳۲ زن جوان فعال به چهار گروه ۸ نفره کنترل یا دارونما، مکمل، تمرین و دارونما و مکمل و تمرین تقسیم شدند. در پیش آزمون و پس آزمون نمونه‌های خونی گرفته شد و عملکرد قلبی-تنفسی (با سنجش حداکثر ضربان قلب (HR_{max}))، مسافت طی شده، توان هوازی (VO_{2max}) و مقادیر لاکتات خون پس از آزمون دوی کوپر ارزیابی شد. گروه‌های مکمل، ۴ گرم بتا-آلانین را روزانه به مدت ۸ هفته مصرف کردند. گروه‌های تمرین، HIIT را به مدت ۸ هفته انجام دادند. داده‌ها با آزمون تحلیل واریانس دو طرفه با اندازه‌گیری مکرر آنالیز شد.

نتایج: بین مسافت طی شده و VO_{2max} چهار گروه در دو زمان تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، اما بین HR_{max} و مقادیر لاکتات خون چهار گروه تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($p < 0.05$). همچنین، HR_{max} و لاکتات خون گروه مکمل و تمرین نسبت به سه گروه دیگر، و گروه مکمل نسبت به گروه کنترل کاهش معنی‌داری داشت ($p < 0.05$)؛ مسافت طی شده و VO_{2max} گروه مکمل و تمرین نسبت به گروه کنترل و تمرین و دارونما، و گروه مکمل نسبت به گروه کنترل افزایش معنی‌داری داشت ($p < 0.05$).

نتیجه‌گیری: HIIT همراه با مصرف مکمل بتا-آلانین تأثیر بیشتری بر عملکرد قلبی-تنفسی و لاکتات خون زنان فعال نسبت به HIIT و مصرف مکمل به تنهایی داشت.

واژه‌های کلیدی: بتا-آلانین، HR_{max} ، مسافت طی شده، VO_{2max} ، لاکتات، HIIT

پذیرش: ۱۴۰۳/۷/۴

دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۲۳

مقدمه

به خوبی مشخص شده است که پیشرفت تکنولوژی و زندگی ماشینی، عوامل تهدیدکننده‌ای برای سلامت و بهداشت همه آحاد جامعه به شمار می‌آیند و می‌توان با تکیه بر قدرت و استقامت جسمانی با این تهدید مقابله کرد. از طرفی، حفظ میزان مناسبی از عوامل آمادگی جسمانی مرتبط با تندرستی مانند استقامت

قلبی-عروقی، قدرت و استقامت عضلانی، ترکیب بدنی، در کاهش خطر امراض قلبی، فشار خون، دیابت، پوکی استخوان، چاقی و بیماری‌های روانی مؤثر است (۱). در این راستا، پژوهشگران به دنبال راهی برای کاهش تجمع سوخت‌وسازی لاکتات در طول فعالیت بدنی و کاهش میزان خستگی عضلانی ورزشکاران می‌باشند. خستگی، واماندگی و قادر نبودن به ادامه کار

چه در زندگی روزمره و چه در فعالیت‌های ورزشی معضلی است که هر فردی با آن مواجه می‌شود. یکی از چالش‌هایی که امروزه توجه مربیان و متخصصان ورزشی را به خود جلب نموده شناسایی روش‌های تمرینی نوین مؤثر بر عوامل جسمانی، فیزیولوژیکی و عملکردی می‌باشد. در چند دهه اخیر پژوهشگران علوم ورزشی با ترکیبی از تمرینات سرعتی (ST)^۱ و تمرینات تناوبی (IT)^۲، شیوه جدیدی از تمرینات را با نام تمرین تناوبی شدید (HIIT)^۳ ابداع کرده‌اند که هر دو دستگاه هوازی و بی‌هوازی را بهبود می‌بخشد. تمرینات تناوبی یکی از متداول‌ترین روش‌های تمرینی برای بهبود عملکرد استقامتی می‌باشد. HIIT از روش‌های جدید تمرینات تناوبی است که در سال‌های اخیر مورد توجه ورزشکاران، مربیان و پژوهشگران علوم ورزشی قرار گرفته است. HIIT معمولاً به جلسات تکراری نسبتاً کوتاه و متناوب تمرینی بر می‌گردد که اغلب با حداکثر کوشش و توان انجام می‌شود (۲). برخی سازگاری‌های فیزیولوژیکی که معمولاً پس از یک دوره تمرینات تناوبی هوازی رخ می‌دهد، شامل کاهش غلظت لاکتات خون، تهویه ریوی، اکسیژن مصرفی و تعداد ضربان قلب در شدت معینی از فعالیت ورزشی است. به نظر می‌رسد در این تمرینات، حداقل شدتی وجود دارد که تمرین با شدت کمتر از آن با هر حجم تمرینی، اثر چندانی بر عملکرد استقامتی به ویژه در افراد تمرین کرده به دنبال نخواهد داشت (۳). هنگام انجام فعالیت‌های متوسط تا شدید بدنی که از گلیکولیز بی‌هوازی برای تأمین بخشی از انرژی بهره می‌برند، یون هیدروژن شروع به تجمع می‌کند، به دنبال آن میزان اسیدیته درون سلولی افزایش می‌یابد، خستگی تسریع می‌شود و عملکرد ورزشی کاهش می‌یابد (۴). اگر تجمع یون هیدروژن درون سلولی با برداشت و مصرف بیشتر

این یون به عنوان سوخت یا تأخیر در تولید بیشتر این یون کنترل شود، خستگی عضلانی نیز به تأخیر می‌افتد (۵). عواملی همچون استراحت فعال پس از جلسات فعالیت ورزشی شدید، آمادگی بدنی اولیه بالاتر و مصرف برخی مکمل‌ها یا داروها می‌توانند به کاهش تولید این یون در طول فعالیت بدنی یا برداشت سریع‌تر آن در مرحله بازگشت به حالت اولیه کمک کنند (۶). امروزه مصرف مکمل‌های غذایی در ورزش گسترش یافته است و کمتر ورزشکاری را می‌توان دید که در مراحل تمرین ورزشی خود یک یا چند مکمل غذایی را امتحان نکرده باشد، و در این میان اسید آمینه‌ها رایج‌ترین مکمل‌های تغذیه‌ای هستند که توسط ورزشکاران برای بهبود کارایی ورزشی مصرف می‌شوند (۷). یکی از اسیدهای آمینه که ممکن است به عنوان بافر در کاهش میزان اسیدیته عضلات فعال در طول فعالیت‌های ورزشی عمل کند، بتا-آلانین است (۸، ۹). بتا-آلانین اسید آمینه غیر پروتئینی و غیر ضروری است که در مقادیر نسبتاً کمی در کبد سنتز می‌شود (۱۰) و همراه با هیستیدین در سنتز کارنوزین عضلانی (بتا-آلانیل-ال هیستیدین) نقش دارد. کارنوزین عضلانی دی پپتیدی است که چندین نقش فیزیولوژیکی از قبیل فعالیت آنتی اکسیدانی، تنظیم حساسیت به یون کلسیم و بافر عضلانی را به دلیل ثابت تفکیک اسیدی ۶/۸۳ انجام می‌دهد که آن را به یک پذیرنده کارآمد یون‌های هیدروژن تبدیل می‌کند (۱۱). سایر عوامل مؤثر بر میزان کارنوزین عبارتند از سن، جنس، نوع تار عضلانی، رژیم غذایی و متغیرهای تعیین‌کننده غلظت این ترکیب (۱۲). نشان داده شده است که بتا-آلانین مقادیر کارنوزین عضله را افزایش می‌دهد، که می‌تواند به عنوان بافری برای کاهش اسیدیته در عضلات فعال در طول تمرینات شدید عمل کند (۱۲، ۱۳). اسید لاکتیک یکی از فرآورده‌های حاصل از تجزیه قندها در سلول‌های انسان است و در pH بدن اسید لاکتیک به شکل یونی خود یعنی لاکتات

¹ Sprint Training² Interval Training³ High-intensity Interval Training

وجود دارد. به طور کلی، فعالیت ورزشی شدید و سنگین منجر به افزایش تولید لاکتات می‌شود. غلظت‌های بالای اسید لاکتیک منجر به افزایش یون هیدروژن (تبدیل اسید لاکتیک به لاکتات و یون هیدروژن) و در نتیجه کاهش pH، اسیدوز، کاهش نیروی تولید شده در عضلات و در نهایت خستگی عضلانی می‌شود (۱۴). کاهش pH، از طریق مهار آنزیم فسفوفروکتوکیناز و در نتیجه مهار گلیکولیز سبب کاهش نیروی تولیدی در عضلات می‌شود. همچنین، کاهش pH می‌تواند سبب کاهش آزادسازی یون کلسیم از شبکه سارکوپلاسمی و میل ترکیبی آن با تروپونین شود و بدین گونه سبب اختلال در عملکرد عضلانی، توان هوازی و در نهایت بروز خستگی شود (۱۵). ضربان قلب نیز در طول فعالیت‌های شدید به سرعت افزایش می‌یابد تا برون‌ده قلبی را تأمین کند؛ اما پس از اتمام فعالیت بلافاصله به حالت اولیه بر نمی‌گردد، بلکه مدتی در حد بالا باقی می‌ماند، سپس به آهستگی به میزان استراحت بر می‌گردد. مدت زمانی که طول می‌کشد تا ضربان قلب به حد استراحت برسد، دوره برگشت به حالت اولیه ضربان قلب نامیده می‌شود. محدوده بازیافت در بهترین حالت با کاهش میزان ضربان قلب ورزشکار تعیین می‌شود تا به حالت اولیه برگردد. در فعالیت ورزشی معین، برای ورزشکاران بازگشت به حالت اولیه سریع‌تر و میزان درک فشار کمتر مزیت محسوب می‌شود؛ با توجه به این موضوع، زمان به پایان رساندن فعالیت بی‌هوازی کاهش می‌یابد (۱۶). قابل ذکر است مطالعات کمی در رابطه با تأثیر مصرف مکمل بتا-آلانین بر عملکرد قلبی-تنفسی و لاکتات خون ورزشکاران انجام شده است و نتایج این مطالعات ضد و نقیض بوده‌اند. زارع و همکاران (۱۷)، تأثیر مصرف دوز پایین و بالای مکمل بتا-آلانین را بر کاهش ضربان قلب و میزان درک خستگی و نیز بهبود رکورد در دختران ورزشکار به دنبال آزمون زمانی^۱ یک کیلومتر؛

قرائت و همکاران (۱۸)، تأثیر ۳ هفته مصرف مکمل بتا-آلانین را بر کاهش لاکتات خون، عدم تغییر ضربان قلب، افزایش زمان واماندگی و بهبود توان هوازی (VO_{2max}) پاروزنان مرد نخبه به دنبال ۶ دقیقه آزمون دوچرخه کارسنج؛ کریم‌زاده فرد و همکاران (۱۹)، تأثیر ۳ هفته مصرف مکمل بتا-آلانین را بر افزایش لاکتات خون مردان شناگر نخبه در پاسخ به یک جلسه تمرین شنای وامانده‌ساز؛ غلامی و همکاران (۲۰)، تأثیر مصرف مکمل بتا-آلانین را پس از ۹۰ دقیقه آزمون وینگیت بر افزایش توان بی‌هوازی و کاهش لاکتات خون بازیکنان زن فوتسال؛ سانتانا^۲ و همکاران (۲۱)، تأثیر ۲۳ روز مصرف مکمل بتا-آلانین را بر کاهش لاکتات خون و بهبود زمان ۱۰ کیلومتر دویدن در آزمون زمانی در بزرگسالان فعال از نظر بدنی؛ و صمدی و همکاران (۲۲)، عدم تأثیر ۴ هفته مصرف مکمل بتا-آلانین را بر لاکتات خون و عملکرد بدنی افراد نظامی نشان دادند. با توجه به پژوهش‌های انجام شده به نظر می‌رسد مکمل‌دهی بتا-آلانین می‌تواند بر عملکرد ورزشی ورزشکاران مؤثر باشد، به طوری که شواهد فعلی درباره مزایای عملکردی بالقوه چشمگیر بتا-آلانین برای ورزشکاران حاکی از آن است که بتا-آلانین برای هر نوع تمرین ورزشی که ۳۰ ثانیه تا ۱۰ دقیقه طول می‌کشد، مؤثر است (۹)؛ با وجود این، به شواهد علمی تکمیلی در این زمینه نیاز است. از طرفی، مطالعات مربوط به مکمل‌دهی بتا-آلانین در زنان در مقایسه با مردان، در حال حاضر کمیاب است و از آنجایی که زنان ذاتاً مقادیر کمتری از کارنوزین را دارند می‌بایست پژوهش‌های بیشتری روی زنان، اعم از ورزشکاران و علاقه‌مندان به فعالیت ورزشی انجام شود (۱۰). از این رو، هدف از انجام مطالعه حاضر، تعیین تأثیر یک دوره HIIT همراه با مصرف مکمل بتا-آلانین بر عملکرد قلبی-تنفسی و لاکتات زنان فعال می‌باشد.

² Santana¹ Time Tial

روش کار

نمونه آماری و روش تحقیق

پژوهش حاضر در تابستان سال ۱۴۰۲ در باشگاه ورزشی الماس در شهر تهران انجام شد که از نظر هدف از جمله پژوهش‌های کاربردی و از نظر ماهیت و شیوه گردآوری داده‌ها، از نوع پژوهش‌های نیمه تجربی می‌باشد. مطالعه در قالب یک طرح یک سوکور انجام شد، به طوری که پژوهشگر در جریان بود که کدام شرکت‌کننده در معرض کدام درمان قرار دارد، ولی شرکت‌کننده‌ها در جریان روند آزمایش نبودند. نمونه آماری پژوهش شامل ۳۲ زن فعال در شهر تهران بودند که در یک باشگاه بدنسازی فعالیت منظم داشتند. نحوه شرکت آن‌ها در پژوهش حاضر به صورت داوطلبانه بود و انتخاب آزمودنی‌ها بر اساس ملاک‌های تعیین شده شامل دامنه سنی ۱۸ تا ۲۰ سال، عدم سابقه هرگونه بیماری قلبی-عروقی، عدم سابقه ابتلا به بیماری خاص یا بیماری عصبی-روانی و استعمال دخانیات، عدم هرگونه حساسیت به مواد و داروها، عدم مصرف هرگونه مکمل غذایی، رژیم دارویی یا تغذیه‌ای در ۳ ماه گذشته، انجام فعالیت ورزشی منظم در ۶ ماه گذشته (عضویت داشتن در یک باشگاه بدنسازی) صورت گرفت. آزمودنی‌ها در حالی که برنامه تمرینات معمول خود را انجام می‌دادند از آن‌ها خواسته شد که از مصرف بتا-آلانین یا هر مکمل غذایی دیگر حداقل سه ماه قبل از شروع مطالعه پرهیز کنند. همچنین، از آن‌ها خواسته شد که در روز قبل از دوره آزمایشی از مصرف قهوه و فعالیت شدید بدنی پرهیز کنند و رژیم غذایی معمول خود را در طول اجرای پژوهش حفظ نمایند. نمونه‌ها به صورت تصادفی ساده به چهار گروه کنترل یا دارونما (۸ نفر)، مکمل (۸ نفر)، تمرین و دارونما (۸ نفر) و مکمل و تمرین (۸ نفر) تقسیم شدند. شرایط و مراحل پژوهش برای کلیه آزمودنی‌ها تشریح شد و قبل از شروع پژوهش، کلیه آزمودنی‌ها پرسشنامه تندرستی و برگه رضایت نامه کتبی برای شرکت در پژوهش را تکمیل و امضاء کردند.

تهیه مکمل و دارونما

پودر بتا-آلانین (مارک دوبیس، شرکت ایلپا پارس ساخت کشور ایران) از داروخانه شبانه‌روزی دکتر مکاری در شهر تهران خریداری شد و توسط ترازوی دیجیتال دقیق اندازه‌گیری و در داخل کپسول ریخته شد. برای یکسان‌سازی شکل مکمل و دارونما، دکستروز در کپسول‌های مشابه کپسول‌های بتا-آلانین از همان جنس، شکل و رنگ ریخته شد. مقدار مصرف بتا-آلانین و دارونما (روزانه ۴ گرم در روز) به صورت دو دوز ۲ گرمی بود (۲۳). هر دو گروه در دو نوبت (صبح و شب) در یک زمان تعیین شده (بعد از صرف غذا) مکمل و دارونما را با یک لیوان آب مصرف کردند.

پروتکل HIIT

HIIT در هر هفته ۳ روز و به مدت ۸ هفته (دو ماه) انجام شد، بدین معنا که در کل، ۲۴ جلسه تمرین در ۸ هفته و هر هفته ۳ جلسه انجام شد. شدت فعالیت بر اساس حداکثر ضربان قلب (HR_{max}) هر فرد با استفاده از ضربان سنج پلار و از طریق معادله سن - $HR_{max} = 220$ برآورد شد. دامنه شدت فعالیت ۸۵ تا ۹۵ درصد HR_{max} در نظر گرفته شد. در هر جلسه تمرینی ابتدا ۱۰ دقیقه گرم کردن، سپس بدنه اصلی تمرین (HIIT) و در پایان ۱۰ دقیقه سرد کردن انجام شد. جزئیات پروتکل HIIT در هر جلسه تمرینی در هفته‌های مختلف در جدول ۱ ارائه شده است (۲۴).

جدول ۱. پروتکل HIIT

هفته	HR _{max}	تکرار × دو به دقیقه	استراحت بین تکرارها (دقیقه)
اول	%۸۵	۸ × ۲	۲
دوم	%۸۵	۸ × ۲	۲
سوم	%۹۰	۹ × ۲	۲
چهارم	%۹۰	۹ × ۲	۲
پنجم	%۹۵	۱۰ × ۲	۲
ششم	%۹۵	۱۰ × ۲	۲
هفتم	%۹۵	۱۱ × ۲	۲
هشتم	%۹۵	۱۱ × ۲	۲

آزمون کوپر

آزمون کوپر (۱/۵ مایل)، یک آزمون آمادگی جسمانی است که برای تخمین آمادگی هوازی فرد یا VO_{2max} استفاده می‌شود. هدف از آزمون کوپر دویدن و طی حداکثر مسافت ممکن در ۱۲ دقیقه می‌باشد. پس از انجام آزمون می‌توان VO_{2max} را از طریق فرمول زیر به دست آورد (۲۵):

به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در دقیقه) VO_{2max} = $۵۰۴/۹ - (۰/۰۱۵ \times \text{مسافت})$ (میلی لیتر

خون‌گیری و اندازه‌گیری متغیرهای آنتروپومتری و

بیوشیمیایی

بعد از هماهنگی، آزمودنی‌ها در زمان تعیین شده رأس ساعت ۸ صبح به صورت ۱۲ ساعت ناشتا در محل باشگاه بدنسازی حاضر شدند. مشخصات عمومی و اطلاعات مربوط به متغیرهای آنتروپومتری شامل قد، وزن و شاخص توده بدنی (BMI^1) کلیه آزمودنی‌ها اندازه‌گیری و ثبت شد. در پیش آزمون و ۴۸ ساعت قبل از جلسه اول مداخله، اولین نمونه خونی گرفته شد، به طوری که عملکرد قلبی-تنفسی (با سنجش HR_{max} ، VO_{2max} ، مسافت طی شده) و مقادیر لاکتات خون پس از آزمون دوی کوپر ارزیابی شد. روز بعد از خون‌گیری اول، گروه‌های مکمل (مکمل، مکمل و تمرین)، کپسول حاوی بتا-آلانین و گروه‌های دارونما (کنترل، تمرین و دارونما)، کپسول حاوی

دکستروز را روزانه به مدت ۸ هفته مصرف کردند. گروه‌های تمرین (تمرین و دارونما، و مکمل و تمرین) نیز HIIT را به مدت ۸ هفته انجام دادند. در پس آزمون و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی، دومین نمونه خونی گرفته شد و عملکرد قلبی-تنفسی و لاکتات خون مشابه پیش آزمون ارزیابی شد. قبل و پس از دوره بارگیری ۸ هفته‌ای مکمل و دارونما آزمودنی‌ها به آزمایشگاه درمانگاه یاس در شهر تهران مراجعه کردند و همه اندازه‌گیری‌ها توسط تکنسین مجرب انجام شد، و نیز تمام مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون دقیقاً تکرار شد. در هر بار خون‌گیری، ۵ میلی‌لیتر خون از سیاهرگ بازویی گرفته و نمونه‌های خونی در لوله‌های حاوی EDTA ریخته شد و سپس جهت جداسازی پلاسماي خون نمونه‌ها سانتریفیوژ (۱۵ دقیقه با سرعت ۲۰۰۰ دور در دقیقه و با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد) شد و بلافاصله بعد از جداسازی پلاسما فاکتورهای مورد نظر اندازه‌گیری شد. لاکتات خون با استفاده از کیت الیزا ساخت شرکت Zellbio کشور آلمان اندازه‌گیری شد.

روش آماری

اطلاعات جمع‌آوری شده با روش‌های آماری توصیفی (میانگین $\pm$ انحراف معیار) و استنباطی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و اطلاعات در قالب جداول و نمودارهای مربوطه ارائه شد. برای آزمون فرضیه‌ها از آزمون‌های پارامتریک استفاده شد. جهت بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون

¹ Body Mass Index

شاپیرو- ویلک^۱ استفاده شد. برای مقایسه میانگین چهار گروه در دو زمان قبل و بعد از مداخله (پیش آزمون و پس آزمون) از آزمون آماری تحلیل واریانس دو طرفه با اندازه گیری مکرر^۲ در یک طرح ۲×۴ (۴ گروه در دو زمان)، و برای مقایسه تفاوت های بین گروهی از آزمون تعقیبی بونفرونی^۳ استفاده شد. سطح معنی داری برای تمام تحلیل های آماری ۰/۰۵ < p در نظر گرفته

شد. کلیه داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS-24 تجزیه و تحلیل شد و برای ترسیم شکل ها از نرم افزار Excel استفاده شد.

یافته ها

میانگین ویژگی های فردی و آنتروپومتری آزمودنی ها در چهار گروه در جدول ۲ و میانگین متغیرهای اندازه گیری شده در چهار گروه در دو زمان (پیش آزمون و پس آزمون) در شکل ۱ تا ۴ ارائه شده است.

جدول ۲. میانگین ویژگی های فردی و آنتروپومتری آزمودنی ها در چهار گروه (۸ نفر در هر گروه)

گروه	کنترل (دارونما)	مکمل	تمرین و دارونما	مکمل و تمرین
متغیر				
سن (سال)	۱۹ ± ۰/۶۳	۱۹/۳۳ ± ۰/۸۱	۱۹/۶۶ ± ۰/۷۵	۱۹ ± ۰/۸۹
قد (سانتی متر)	۱۶۷ ± ۹/۴۲	۱۶۷/۸۳ ± ۱۰/۷۲	۱۶۰/۶۶ ± ۳/۶۱	۱۶۶/۳۳ ± ۵/۱۲
وزن (کیلوگرم)	۵۷ ± ۴/۱۹	۵۶/۵ ± ۴/۸۸	۵۵ ± ۱۰/۰۳	۵۸/۵ ± ۶/۶۵
BMI (کیلوگرم بر متر مربع)	۲۰/۵۶ ± ۲/۵۲	۲۰/۱۳ ± ۱/۸	۵۳/۱۶ ± ۷/۴۱	۵۷/۶۶ ± ۷/۳۹
	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون
	۲۰/۵۶ ± ۲/۵۲	۲۰/۱۳ ± ۱/۸	۲۱/۲۱ ± ۳/۲۸	۲۱/۱۵ ± ۲/۲۶
	پس آزمون	پس آزمون	پس آزمون	پس آزمون
	۲۰/۷۱ ± ۲/۰۱	۱۹/۳۲ ± ۱/۸۸	۲۰/۵۴ ± ۲/۳۳	۲۰/۸۵ ± ۲/۵۴

BMI: شاخص توده بدن

آزمون آماری تحلیل واریانس دو طرفه با اندازه گیری مکرر نشان داد که بین وزن و BMI چهار گروه در دو زمان تفاوت معنی داری وجود ندارد، به طوری درباره وزن اثر زمان ($F=۰/۹۳۹$, $p=۰/۰۰۶$), گروه ($F=۰/۵۶۹$, $p=۰/۰۱۸$) و تعامل گروه و زمان ($F=۲/۳۰۵$, $p=۰/۰۱۸۵$) BMI نیز اثر زمان ($F=۰/۳۸۹$, $p=۰/۰۵۶۰$), گروه ($p=۰/۰۴۶۱$), و تعامل گروه و زمان ($F=۰/۲۹۷۱۸۵$, $p=۰/۰۳۷۰$) BMI غیر معنی دار بود.

همچنین، بین HR_{max} و لاکتات خون چهار گروه در دو زمان تفاوت معنی داری وجود داشت، به طوری درباره HR_{max} اثر زمان غیر معنی دار ($F=۰/۰۴۴$, $p=۰/۰۸۴۲$), اثر گروه معنی دار ($F=۱۸/۱۹۶$, $p=۰/۰۰۰۱$) و اثر

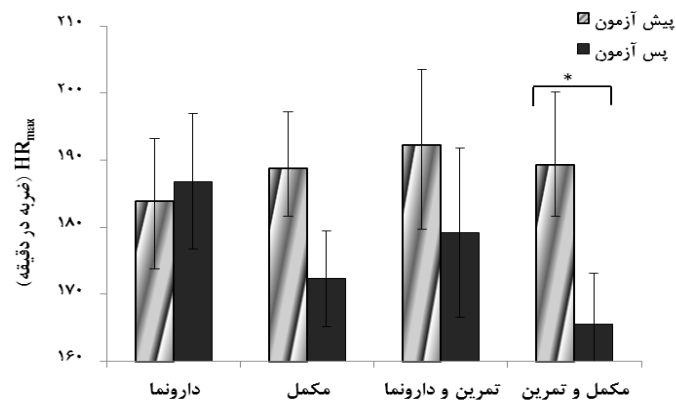
تعامل گروه و زمان معنی دار ($F=۳/۴۸۹$, $p=۰/۰۰۴۲$), و درباره لاکتات خون اثر زمان غیر معنی دار ($F=۰/۲۱۶$, $p=۰/۰۰۳$), اثر گروه معنی دار ($F=۳۰/۸۲۰$, $p=۰/۰۰۰۱$) و اثر تعامل گروه و زمان معنی دار ($F=۳/۴۲۱$, $p=۰/۰۰۴۵$) بود.

بین مسافت طی شده و VO_{2max} چهار گروه در دو زمان تفاوت غیر معنی داری وجود داشت، به طوری درباره مسافت طی شده اثر زمان غیر معنی دار (اثر زمان غیر معنی دار ($F=۱/۳۱۱$, $p=۰/۰۳۰۴$), اثر گروه معنی دار ($F=۸/۳۰۳$, $p=۰/۰۰۲۶$) و اثر تعامل گروه و زمان معنی دار ($F=۱/۶۸۳$, $p=۰/۰۲۱۳$), و درباره VO_{2max} اثر زمان غیر معنی دار ($F=۱/۳۰۷$, $p=۰/۰۳۰۵$) و اثر گروه معنی دار ($F=۸/۳۰۵$, $p=۰/۰۰۲۶$) و اثر تعامل گروه و زمان غیر معنی دار ($F=۱/۶۷۹$, $p=۰/۰۲۱۴$) بود.

^۱ Shapiro-Wilk

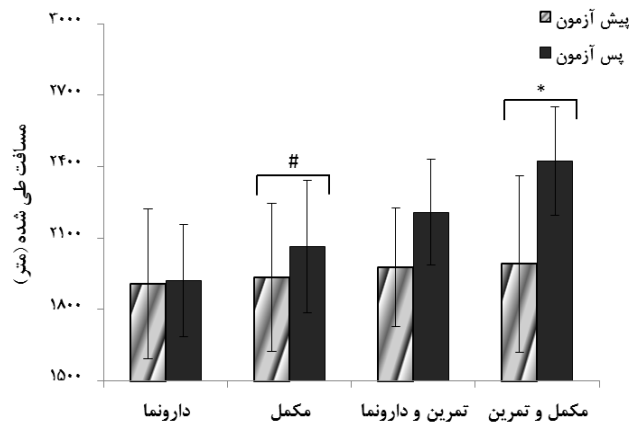
^۲ Two-way Repeated Measures ANOVA

^۳ Bonferroni



شکل ۱. HR_{max} چهار گروه در دو زمان (۸ نفر در هر گروه)

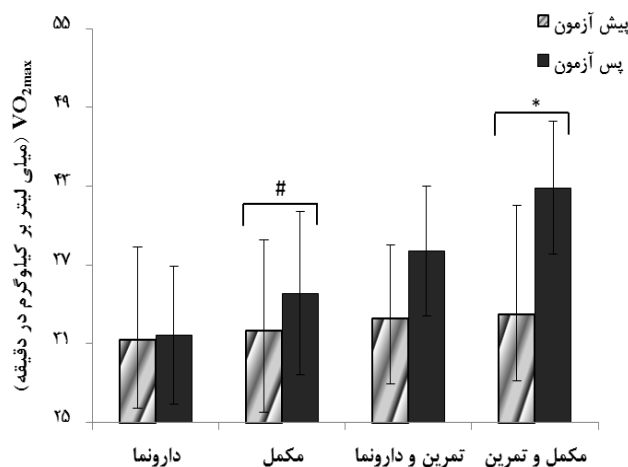
*: کاهش معنی داری گروه مکمل و تمرین نسبت به سه گروه دیگر با $p < 0.05$



شکل ۲. مسافت طی شده چهار گروه در دو زمان (۸ نفر در هر گروه).

*: افزایش معنی داری گروه مکمل و تمرین نسبت به گروه دارونما و گروه تمرین و دارونما با $p < 0.05$

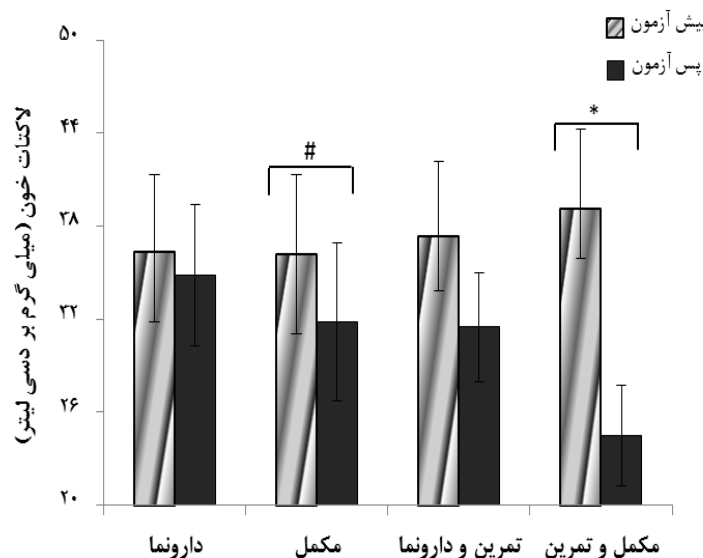
#: افزایش معنی داری گروه مکمل نسبت به گروه کنترل با $p < 0.05$



شکل ۳. VO_{2max} چهار گروه در دو زمان (۸ نفر در هر گروه).

*: افزایش معنی داری گروه مکمل و تمرین نسبت به گروه دارونما و گروه تمرین و دارونما با $p < 0.05$

#: افزایش معنی داری گروه مکمل نسبت به گروه کنترل با $p < 0.05$



شکل ۴. لاکتات خون چهار گروه در دو زمان (۸ نفر در هر گروه).

*: کاهش معنی داری گروه مکمل و تمرین نسبت به سه گروه دیگر با $p < 0.05$

#: کاهش معنی داری گروه مکمل نسبت به گروه کنترل با $p < 0.05$

VO_{2max} گروه مکمل و تمرین نسبت به گروه کنترل و گروه تمرین و دارونما و نیز گروه مکمل نسبت به گروه کنترل افزایش معنی داری داشت (جدول ۳).

آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که HR_{max} و لاکتات خون گروه مکمل و تمرین نسبت به سه گروه دیگر و لاکتات خون گروه مکمل نسبت به گروه کنترل کاهش معنی داری دارد. همچنین، مسافت طی شده و

جدول ۳. مقادیر معنی داری (p) مربوط به آزمون تعقیبی بونفرونی

گروه	HR_{max}	مسافت طی شده	VO_{max}	لاکتات خون
مکمل و کنترل	۱/۰۰۰	*۰/۰۰۵	*۰/۰۰۵	*۰/۰۰۴
تمرین و دارونما و کنترل	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
مکمل و تمرین و کنترل	*۰/۰۴۳	*۰/۰۴۲	*۰/۰۴۲	*۰/۰۰۱
مکمل و تمرین و دارونما	۰/۰۶۸	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۲۵۰
مکمل و مکمل و تمرین	*۰/۰۰۶	۰/۲۱۹	۰/۲۲۱	*۰/۰۱۸
تمرین و دارونما و مکمل و تمرین	*۰/۰۰۲	*۰/۰۰۵	*۰/۰۰۵	*۰/۰۰۱

*: تفاوت معنی داری با $p < 0.05$

گفت که در پژوهش حاضر HIIT همراه با مصرف مکمل بتا- آلانین تأثیر بیشتری بر HR_{max} نسبت به HIIT و مصرف مکمل به تنهایی داشته است. یافته حاضر با یافته زارع و همکاران (۱۷) همسو است که نشان دادند مصرف دوز پایین مکمل بتا- آلانین (۰/۰۳ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) و دوز بالای مکمل

بحث

یافته‌ای از پژوهش حاضر نشان داد که بین HR_{max} چهار گروه در دو زمان کاهش معنی داری وجود دارد، در حالی که HR_{max} گروه مکمل و تمرین نسبت به سه گروه دیگر، و گروه مکمل نسبت به گروه کنترل کاهش معنی داری داشت. به عبارتی دیگر، می‌توان

بتا- آلانین (۰/۱ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) باعث کاهش ضربان قلب در دختران ورزشکار به دنبال آزمون زمانی یک کیلومتر می‌شود، که این کاهش در گروه دوز بالا بیشتر از گروه دوز پایین است. با توجه به اینکه ارتباط مستقیمی بین تواتر قلبی و میزان کار وجود دارد، می‌توان گفت که چرا از این شاخص برای سنجش عملکرد هنگام سختی فعالیت ورزشی و ارزیابی آثار یک برنامه تمرین ورزشی استفاده می‌شود. در زمان برگشت به حالت اولیه، ضربان قلب به عنوان عاملی مهم ایفای نقش می‌کند (۱۷)؛ بنابراین، با توجه به نتایج حاصله، احتمالاً مکمل بتا- آلانین با دوز مصرفی بالا بتواند ضربان قلب را کاهش دهد و موجب بهبود عملکرد قلبی شود. اما یافته پژوهش حاضر با یافته قرائت و همکاران (۱۸) همسو نیست مبنی بر این که ۳ هفته مصرف مکمل بتا- آلانین (۴۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز) تأثیری بر ضربان قلب پاروزنان مرد نخبه به دنبال ۶ دقیقه آزمون دوچرخه کارسنج ندارد. دلیل عدم تغییر ضربان قلب در گروه بارگیری بتا- آلانین با دیگر گروه‌ها بلافاصله پس از اتمام آزمون ۶ دقیقه با شدت ۹۰ درصد می‌تواند انجام فعالیت فردی‌سازی شده برای هر ورزشکار بدون توجه به زمان رسیدن به واماندگی باشد (۱۷).

دیگر یافته پژوهش حاضر نشان داد که بین مسافت طی شده چهار گروه در دو زمان تفاوت غیرمعنی‌داری وجود دارد. مسافت طی شده گروه مکمل و تمرین نسبت به گروه کنترل و تمرین و دارونما، و گروه مکمل نسبت به گروه کنترل افزایش معنی‌داری داشت. به عبارتی دیگر، می‌توان گفت که در پژوهش حاضر HIIT همراه با مصرف مکمل بتا- آلانین تأثیر بیشتری بر مسافت طی شده نسبت به HIIT و مصرف مکمل به تنهایی داشته است. یافته حاضر با یافته کتابدار و همکاران (۲۶)، حیدری و همکاران (۲۷)، زارع و همکاران (۱۷)، قرائت و همکاران (۱۸)، و سانتانا و همکاران (۲۱) همسو است. نتایج پژوهش کتابدار و

همکاران بیانگر این است که ۴ هفته HIIT به همراه مکمل دهی بتا- آلانین (۲/۴، ۳/۶، ۴/۸ گرم در روز) باعث کاهش شاخص خستگی در دختران بسکتبالیست می‌شود. حیدری و همکاران نشان دادند که مصرف مکمل بتا- آلانین (۱۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن) می‌تواند سبب بهبود رکورد پاروزنان نخبه مرد پس از آزمون ۶ دقیقه‌ای فعالیت روی دوچرخه کارسنج پاروزنی با ریتم آزاد و به تعویق انداختن خستگی آن‌ها شود و تحمل ورزشکار را برای افزایش حداکثر زمان فعالیت تا واماندگی (T_{max}) افزایش دهد. زارع و همکاران گزارش کردند که مصرف دوز بالای مکمل بتا- آلانین (۰/۱ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) باعث کاهش میزان درک خستگی و بهبود رکورد در دختران ورزشکار پس از آزمون زمانی یک کیلومتر می‌شود. نتایج قرائت و همکاران حاکی از آن است که ۳ هفته مصرف مکمل بتا- آلانین (مصرف مکمل ۴۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز) باعث افزایش زمان واماندگی پاروزنان مرد نخبه به دنبال ۶ دقیقه آزمون دوچرخه کارسنج می‌شود. سانتانا و همکاران نشان دادند که تأثیر ۲۳ روز مصرف مکمل بتا- آلانین (۵ گرم در روز) موجب بهبود زمان ۱۰ کیلومتر دویدن در آزمون زمانی در بزرگسالان فعال از نظر بدنی می‌شود. با توجه به نتایج حاصله می‌توان گفت که HIIT منجر به افزایش بیان پمپ‌های سدیم/ پتاسیم شده که این اثر با کاهش پتاسیم برون سلولی و متعاقباً عدم فسفردار شدن پتانسیل غشاء سلولی (که از آن به عنوان مهم‌ترین عامل خستگی در HIIT یاد می‌شود)، موجب کاهش تحریک‌پذیری غشاء و در نتیجه نیروی کزاز و ایجاد تأخیر در بروز خستگی می‌شود (۲۶). مکمل دهی بتا- آلانین به افزایش سطح کارنوزین عضلانی منجر می‌شود که می‌تواند در عضلات فعال در طول تمرین ورزشی شدید به عنوان بافر برای کاهش اسیدیته عمل کند و خستگی و زمان رسیدن به واماندگی را با اثر بر pH درون عضلانی کاهش دهد

(۱۳). اثرگذاری مکمل بتا- آلانین به دنبال دوره‌های مکمل‌دهی میان‌مدت و به خصوص طولانی‌مدت محتمل است (۲۲). به عبارتی دیگر، به نظر می‌رسد مصرف بتا- آلانین با تأخیر در تجمع لاکتات ممکن است منجر به افزایش مسافت طی شده و افزایش زمان رسیدن به خستگی شود (۱۸).

یافته‌ای دیگر از پژوهش حاضر نشان داد که بین VO_{2max} چهار گروه در دو زمان تفاوت غیر معنی‌داری وجود دارد. VO_{2max} گروه مکمل و تمرین نسبت به گروه کنترل و تمرین و دارونما، و گروه مکمل نسبت به گروه کنترل افزایش معنی‌داری داشت. به عبارتی دیگر، می‌توان گفت که در پژوهش حاضر HIIT همراه با مصرف مکمل بتا- آلانین تأثیر بیشتری بر VO_{2max} نسبت به HIIT و مصرف مکمل به تنهایی داشته است. کتابدار و همکاران (۲۶) گزارش کردند که ۴ هفته HIIT به همراه مکمل‌دهی بتا- آلانین ($۲/۴$ ، $۳/۶$ ، $۴/۸$ گرم در روز) باعث افزایش VO_{2max} دختران بسکتبالیست می‌شود. قرائت و همکاران (۱۸) نشان دادند که ۳ هفته مصرف مکمل بتا- آلانین (۴۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز) باعث بهبود توان هوازی یا VO_{2max} پاروزنان مرد نخبه به دنبال ۶ دقیقه آزمون دوچرخه کارسنج می‌شود. افزایش در VO_{2max} ممکن است ناشی از بهبود در حمل و تحویل اکسیژن به عضلات اسکلتی از طریق افزایش حجم ضربه‌ای و نیز افزایش چگالی مویرگی و میتوکندریایی و در نتیجه افزایش برداشت اکسیژن توسط عضلات فعال باشد. همچنین، سرعت فسفریلاسیون هوازی به دنبال تمرینات صرف‌نظر از نوع تمرین (تناوبی یا تداومی) افزایش می‌یابد. این سازگاری احتمالاً پیامد افزایش تعداد و فعالیت آنزیم‌های اکسایشی عضله است که می‌تواند یکی از سازوکارهای احتمالی افزایش VO_{2max} محسوب شود. از طرفی، بهبود عملکرد هوازی به دنبال مکمل‌دهی بتا- آلانین ممکن است به واسطه افزایش توانایی در بافر کردن یون هیدروژن به واسطه کارنوزین تولید

شده باشد (۲۶). در نتیجه، به نظر می‌رسد مصرف بتا- آلانین با تأخیر در تجمع لاکتات احتمالاً به بهبود توان هوازی می‌انجامد (۱۸). ضمناً یک دوره HIIT به همراه مصرف مکمل بتا- آلانین می‌تواند موجب تأخیر در خستگی، حفظ تعادل pH و یون هیدروژن، افزایش توان هوازی، و افزایش عملکرد ورزشی شود (۲۶). اما یافته پژوهش حاضر با یافته حیدری و همکاران (۲۷) همسو نیست مبنی بر این که مصرف مکمل بتا- آلانین (۱۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن) بر VO_{2max} پاروزنان نخبه مرد پس از آزمون ۶ دقیقه‌ای فعالیت روی دوچرخه کارسنج پاروزنی با ریتم آزاد تأثیری ندارد. علت ناهم‌سویی این مطالعه با یافته پژوهش حاضر می‌تواند مربوط به تفاوت در دوز مصرفی مکمل و مدت زمان دوره مکمل‌دهی باشد. مقاله مروری سیستماتیک و متاآنالیز (۱۰) نشان داد که مکمل بتا- آلانین به عنوان یک عامل ارگونومیک احتمالاً برای ورزشکاران شرکت‌کننده در فعالیت‌های ورزشی شدید که از ۴ تا ۱۰ دقیقه به طول می‌انجامد، بسیار مفید است و برای حداکثر فواید، دوز مصرفی باید از $۵/۶$ تا $۶/۴$ گرم در روز برای یک دوره مکمل‌دهی ۴ هفته‌ای باشد. همچنین، به منظور جلوگیری از عارضه جانبی سوزن سوزن شدن که ممکن است پس از مصرف مکمل بتا- آلانین ایجاد شود، مصرف بتا- آلانین در دوزهای کمتر از $۱/۶$ گرم در روز و مصرف ۲ گرم به ازای هر کیلوگرم کربوهیدرات یک ساعت قبل از مصرف مکمل بتا- آلانین توصیه می‌شود.

یافته آخر پژوهش حاضر نشان داد که بین مقادیر لاکتات خون چهار گروه در دو زمان کاهش معنی‌داری وجود دارد، به طوری که لاکتات خون گروه مکمل و تمرین نسبت به سه گروه دیگر، و گروه مکمل نسبت به گروه کنترل کاهش معنی‌داری داشت. به عبارتی دیگر، می‌توان گفت که در پژوهش حاضر HIIT همراه با مصرف مکمل بتا- آلانین تأثیر بیشتری بر مقادیر لاکتات خون نسبت به HIIT و مصرف مکمل به تنهایی داشته است. یافته حاضر با یافته قرائت و همکاران (۱۸)،

غلامی و همکاران (۲۰) و سانتانا و همکاران (۲۱) همسو است. قرائت و همکاران گزارش کردند که ۳ هفته مصرف مکمل بتا- آلانین (۴۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز) موجب کاهش لاکتات خون پاروزنان مرد نخبه به دنبال ۶ دقیقه آزمون دوچرخه کارسنج می‌شود. غلامی و همکاران، تأثیر مصرف مکمل بتا- آلانین (۳/۰ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) را پس از ۹۰ دقیقه آزمون وینگیت بر کاهش لاکتات خون بازیکنان زن فوتسال گزارش کردند. سانتانا و همکاران نشان دادند که تأثیر ۲۳ روز مصرف مکمل بتا- آلانین (۵ گرم در روز) باعث کاهش لاکتات خون بزرگسالان فعال از نظر بدنی در آزمون زمانی ۱۰ کیلومتر دویدن می‌شود. به نظر می‌رسد اسیدوز عضله در شروع خستگی در طول تمرین ورزشی شدید سهیم باشد. افزایش غلظت کارنوزین از لحاظ تئوری ظرفیت بافری درون سلولی را افزایش می‌دهد. بنابراین، شروع خستگی را به تأخیر می‌اندازد که این موضوع می‌تواند نقش ارگوژنیکی مکمل بتا- آلانین بر روی تمرین ورزشی را - که باعث تشکیل یون هیدروژن و اسیدوز عضلانی شده است- توجیه کند (۲۸). از این رو، مکمل بتا- آلانین می‌تواند به واسطه افزایش محتوای کارنوزین عضلات، از کاهش pH خون در طول فعالیت ورزشی شدید جلوگیری کند و منجر به افزایش آستانه تحمل لاکتات شود (۲۷). اما یافته پژوهش حاضر با یافته کتابدار و همکاران (۲۶)، جمشیدی حسینی آبادی و همکاران (۲۸)، حیدری و همکاران (۲۷) و صمدی و همکاران (۲۲) و نیز کریم-زاده فرد و همکاران (۱۹) همسو نیست. کتابدار و همکاران گزارش کردند که ۴ هفته HIIT به همراه مکمل‌دهی بتا- آلانین (۲/۴، ۳/۶، ۴/۸ گرم در روز) بر لاکتات خون دختران بسکتبالیست تأثیری ندارد. در پژوهش جمشیدی حسینی آبادی و همکاران، ۲۱ روز مصرف مکمل بتا- آلانین (۳ گرم بتا- آلانین دو بار در روز) بر مقادیر لاکتات خون پرورش اندام کاران مرد تأثیری نداشت. حیدری و همکاران نشان دادند که

مصرف مکمل بتا- آلانین (۱۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن) بر مقادیر لاکتات خون پاروزنان نخبه مرد پس از آزمون ۶ دقیقه‌ای فعالیت روی دوچرخه کارسنج پاروزنی با ریتم آزاد تأثیری ندارد. صمدی و همکاران، عدم تأثیر ۴ هفته مصرف مکمل بتا- آلانین (۴/۶ گرم در روز) را بر لاکتات خون افراد نظامی نشان دادند. از طرفی دیگر، کریم‌زاده فرد و همکاران، تأثیر ۳ هفته مصرف مکمل بتا- آلانین (مقدار روزانه ۲ عدد قرص ۱۵۰۰ میلی گرمی) را بر افزایش لاکتات خون مردان شناگر نخبه در پاسخ به یک جلسه تمرین شنای وامانده‌ساز نشان دادند. از دلایل احتمالی ناهمسوئی مطالعات مذکور با پژوهش حاضر می‌توان به دوز مصرفی مکمل، مدت زمان مکمل‌دهی، نحوه انجام آزمون یا پروتکل ورزشی، شدت تمرین و نمونه‌های مورد بررسی اشاره کرد. شایان ذکر است مکمل‌دهی بتا- آلانین موجب بهبود در ظرفیت بافر کردن یون هیدروژن درون سلولی و نیز دفع بیشتر لاکتات از عضلات درگیر می‌شود؛ این در حالی است که بتا- آلانین توانایی ورزشکار را برای دفع کارآمدتر اسید لاکتیک یا تحمل سطوح بالای اسید لاکتیک را به مدت طولانی‌تر بهبود می‌بخشد. بنابراین، به ورزشکار اجازه می‌دهد که در یک شدت نسبی مشابه بالاتر برای یک دوره زمانی طولانی‌تر تمرین کند. مطالعات نشان داده‌اند که مکمل‌دهی بتا- آلانین ظرفیت‌های کار و غلظت‌های اوج لاکتات خون را به واسطه افزایش در بافر کردن یون هیدروژن بالاتر می‌برد (بتا- آلانین ممکن نیست عملکرد را تحت تأثیر قرار دهد مگر این که شدت و مدت تمرین سطوح بالای لاکتات خون را تحریک کند) (۲۸). یافته‌ها از این ایده حمایت می‌کنند که مکمل بتا- آلانین ممکن است تحت شرایط تولید لاکتات بالا، بیشترین تأثیر را داشته باشد (۱۲). افزایش در کارنوزین که باعث به تأخیر انداختن خستگی می‌شود تنها به دلیل ظرفیت بافری‌اش نیست، بلکه به واسطه توانایی آن در بهبود حساسیت تارهای عضلانی به یون کلسیم (افزایش

آزادسازی و بازجذب یون کلسیم از شبکه سارکوپلاسمی) و افزایش انقباض عضلانی می‌باشد (۹). همچنین، فعالیت آنتی‌اکسیدانی کارنوزین ممکن است اثر محافظتی بر عضلات در برابر رادیکال‌های آزاد داشته باشد (۹). از آنجایی که تولید لاکتات به دلیل تجمع یون هیدروژن نیست، محیط متابولیکی که سبب کاهش pH می‌شود تولید لاکتات را نیز افزایش می‌دهد. تشکیل لاکتات نشانه خوبی برای شرایطی است که اسیدوز متابولیکی را تحریک می‌کند. بنابراین، به نظر می‌رسد اگر مکمل با دوز بالاتر و مدت زمان طولانی‌تر مصرف شود، کاهش چشمگیر در لاکتات خون مشاهده شود (۲۸). بدین ترتیب، می‌توان گفت که مکمل بتا-آلانین در فعالیت‌های ورزشی شدید همچون HIIT می‌تواند باعث کاهش غلظت لاکتات خون و کاهش خستگی شود. لذا به ورزشکاران پیشنهاد می‌شود برای پاسخ‌دهی مناسب و مطلوب‌تر مکمل‌دهی، ضمن تأکید بر انتخاب دوزهای مناسب و بالاتر، مکمل بتا-آلانین به مدت طولانی‌تری (حداقل ۴ هفته) مصرف شود تا ورزشکاران بتوانند از آثار مفید احتمالی آن بهره‌مند شوند (۱۰).

نتیجه‌گیری

در مجموع، یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که HIIT همراه با مصرف مکمل بتا-آلانین تأثیر مثبت بیشتری بر عملکرد قلبی-تنفسی و لاکتات خون زنان فعال نسبت به HIIT و مصرف مکمل به تنهایی دارد.

یافته‌ها نشان‌دهنده اهمیت استفاده از روش‌های ترکیبی تمرینی همچون HIIT برای بهبود عملکرد ورزشی است، اما از آنجایی که هنوز پژوهش‌های کافی در زمینه تأثیر مکمل‌دهی بتا-آلانین بر عملکرد قلبی-تنفسی و لاکتات خون به ویژه در زنان فعال انجام نشده است، به مطالعات تکمیلی در آینده نیاز است تا به طور دقیق‌تر سازوکارهای مؤثر بر این متغیرها مورد بررسی قرار گیرد. کم بودن تعداد نمونه‌ها (۸ نفر در هر گروه) از محدودیت‌های پژوهش حاضر به شمار می‌آید. همچنین، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده، انتخاب نمونه متنوع، کنترل دقیق متغیرهای خارجی، استفاده از دوره زمانی طولانی‌مدت، ارزیابی عوامل فیزیولوژیکی بیشتر، بررسی تأثیر جنسیت، و استفاده از ابزارهای تشخیصی پیشرفته مدنظر قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر در کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه الزهرا با کد IR.ALZAHRA.REC.1402.026 مصوب شده است. نتایج پژوهش حاضر برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول، فائزه روزبه، رشته فیزیولوژی ورزشی گرایش کاربردی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه الزهرا (س) در سال ۱۴۰۲ با شماره ۲۸۵۱۶۷ می‌باشد. از تمامی افرادی که همکاری صمیمانه‌ای در اجرای این پژوهش داشتند، تشکر و قدردانی می‌شود.

References

- 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- Trapp EG, Chisholm DJ, Freund J, Boutcher SH. The effects of high-intensity intermittent exercise training on fat loss and fasting insulin levels of young women. *Int J Obes* 2008; 32:684-91.
- 3- Laursen PB, Shing CM, Peake JM, Coombes JS, Jenkins DG. Influence of high-intensity interval training on adaptations in well-trained cyclists. *J Strength Cond Res* 2005; 19(3):527-33.
- 4- Gharaat MA, Sheykhloovand M, Eidi LA. Performance and recovery: effects of caffeine on a 2000-m rowing ergometer. *Sport Sci Health* 2020; 16:531-42.

- 5- Gharaat MA, Ramezani AR. Effect of two high intensity interval trainings on performance and rheological characteristics of elite male rowers. *J Practic Stud Biosci in Sport* 2018; 6(11):135-44. [In Persian]
- 6- Baguet A, Bourgois J, Vanhee L, Achten E, Derave W. Important role of muscle carnosine in rowing performance. *J Appl Physiol* 2010; 109(4):1096-101.
- 7- Lawrence ME, Kirby DF. Nutrition and sports supplements. *J Clin Gastroenterol* 2002; 35:299-306.
- 8- Hobson RM, Saunders B, Bell G. Effects of beta-alanine supplementation on exercise performance: a meta-analysis. *Amino Acids* 2012; 43:25-37.
- 9- Jayawardena R, Weerasinghe K, Sooriyaarachchi P, Hills A. Effect of the beta-alanine supplementation in sports: an umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *Med dello Sport* 2023; 76(2):260-71.
- 10- Georgiou GD, Antoniou K, Antoniou S, Michelekaki EA, Zare R, Ali Redha, A, et al. Effect of beta-alanine supplementation on maximal intensity exercise in trained young male individuals: a systematic review and meta-analysis. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2024; 1-16.
- 11- Trexler, ET, Smith-Ryan, AE, Stout, JR, Hoffman, JR, Wilborn, CD, Sale, C, et al. International society of sports nutrition position stand: Beta-Alanine. *J Int Soc Sports Nutr* 2015; 12:30.
- 12- Salvadori P, Caputo M, Mansur V, Pietro L. Beta-alanine supplementation and improvement of performance in swimming and water polo: a systematic review. *BJHBS* 2023;22(2):117-25.
- 13- Santos EF dos, Oliveira LB de, Pereira-Castro MR. Evaluation of beta-alanine supplementation in sports performance. *Res Soc Dev* 2023;12(6):e20712642214.
- 14- Abel T, Knechtle B, Perret C. 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; 26:344-9.
- 15- Adler Y, Fisman EZ, Morag NK, Tanne D. Left ventricular diastolic function in trained male weight lifters at Rest and during Isometric Exercise. *Am J Cardiol* 2008; 102:97-101.
- 16- Ito S. High-intensity interval training for health benefits and care of cardiac diseases - The key to an efficient exercise protocol. *World J Cardiol* 2019; 11(7):171-88.
- 17- Zare B, Koroshfard N, Nemati J, Daryanosh F. The effect of acute consumption of different amounts of beta-alanine supplement on some performance indicators of female athletes after the 1-Km time trial test. *Sports Biol J* 2021; 12(4):425-36. [In Persian]
- 18- Gharaat MA, Kshef M, Eidi Abarghani L, Sheykhloovand M. Effect of beta alanine on lactate level and Specific performance of elite male rowers. *J Sabzevar Univ Med Sci* 2020; 27(1):73-81. [In Persian]
- 19- Karimzadehfard H, Shadmehri S, Hosseini SA, Molaie A, Kazemi N. The effect of three weeks of β -alanine and creatine supplementation on the response of creatine kinase, lactate dehydrogenase and lactate to an exhausting swimming session in elite swimmers. *RJMS* 2021; 28(6):90-9. [In Persian]
- 20- Gholami M, Hafezi eirdmoussa M, Ghasemshoar S, Abednatanzi H. Effect of sodium bicarbonate and beta-alanine supplementation on anaerobic capacity and blood lactate level of female futsal players. *Res Sport Sci Med Plants* 2022; 3(8):1-11. [In Persian]
- 21- Santana JO, de Freitas MC, Dos Santos DM, Rossi FE, Lira FS, et al. Beta-alanine supplementation improved 10-km running time trial in physically active adults. *Front Physiol* 2018; 9:1105.
- 22- Samadi M, Askarian A, Shirvani H, Shamsoddini A, Shakibae A, Forbes SC, et al. Effects of four weeks of beta-alanine supplementation combined with one week of creatine loading on physical and cognitive performance in military personnel. *Int J Environ Res Public Health* 2022; 19(13):7992.
- 23- Ashtary-Larky D, Bagheri R, Ghanavati M, Asbaghi O, Wong A, Stout JR, et al. Effects of beta-alanine supplementation on body composition: a GRADE-assessed systematic review and meta-analysis. *J Int Soc Sports Nutr* 2022;19(1):196-218.
- 24- Behrad A, Askari R, Hamedinia MR. The effect of high intensity interval training and circuit resistance training on respiratory function and body composition in overweight females. *J Practic Stud Biosci in Sport* 2016; 4(7):89-101. [In Persian]
- 25- Alizadeh R, Noorshahi M. The effect of three different training programs on selected physical fitness factors in amateur soccer players. *J Appl Exerc Physiol* 2009; 5(9):19-30. [In Persian]

- 26- Ketabdar B, Fathie M. The effect of four-week high-intensity interval training with beta-alanine supplementation on aerobic and anaerobic performance and some blood parameters in girls basketball players. JABS 2017; 7(1):60-7. [In Persian]
- 27- Heydari N, Kashef M. The effect of beta-alanine supplementation on performance, t_{max} and blood lactate of elite male rowers. Food Technol Nutr 2017; 14(3):75-84. [In Persian]
- 28- Jamshidi hossein abadi A, Behpoor N, Jamshidi hossein abadi M, Yoosefi S. The effect of β -alanine supplementation on serum lactate response and muscular endurance in male bodybuilders. Iranian J Nutr Sci Food Technol 2017; 12(2):19-26. [In Persian]