Journal of Military Medicine
2020, Volume 22, Special Issue of the National Conference on military Physical Fitness in Combat resilience
Pages: 154-162
10.30491/JMM.22.4.154

Short-term effect of Citrulline Malate supplement on LDH and Lactate levels and Resistance Exercise Performance

Sajjad Ghoochani [1], Shahin Riyahi Malayeri [2*], Abdolrasol Daneshjo [3]

[1] MSc in Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sport Sciences, East Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[2] Assistant Professor of Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sport Sciences, East Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[3] Assistant Professor of Exercise Biomechanics, Department of Physical Education and Sport Sciences, East Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Abstract

Background and Aim: Citrulline Malate (CM) has proposed as a supplement which improves anaerobic performance. The purpose of this study was to assess the short-term effect of CM on LDH and Lactate levels and resistance exercise performance.

Method: In a crossover study, 16 males (mean Age: 26.4±4.7 years, BFP: 15.4±6.7 %, and BMI: 23.7±2.8 $kg.m^2$) selected as subjects. The subjects were attended 3 resistance exercise sessions in a full body protocol consisting of Hack Squat, Leg Extension, Barbell press and Lat Pull down respectively. An hour Before the beginning of exercise, the subjects consumed 6g CM+250ml water in the first week, placebo consisting of 5g Dextrose+250ml water in the second week, and 8g CM+250 ml water in the last week. Blood Samples were taken from each subject 1 hour before, immediately, and 30min after exercise to measure LDH and Lactate levels. Immediately after each set, rate of perceived exertion (RPE) for all exercises were recorded.

Results: There are no significant changes in Lactate levels between resistance exercise sessions ($P>0.05$), but there is significant difference in LDH levels ($P<0.05$). Moreover, no significant change seen in RPE between sessions ($P>0.05$).

Conclusion: It seems that consuming CM following an intense resistance exercise session may reduce LDH levels but it does not improve RPE after exercise.

Keywords: Citrulline Malate, Resistance Exercise, LDH, Lactate

*Corresponding author: **Shahin Riyahi Malayeri**, Email: shahinriyahi@yahoo.com

مجله طب نظامی
سال ۱۳۹۹، دوره ۲۲، ویژه نامه همایش ملی آمادگی جسمانی در توان رزم
صفحات: ۱۶۲-۱۵۴
10.30491/JMM.22.4.154

تاثیر کوتاه مدت مکمل سیترولین مالات بر سطوح LDH و لاکتات و عملکرد فعالیت ورزشی مقاومتی

سجاد قوچانی[۱]، شاهین ریاحی ملایری[۲*]، عبدالرسول دانشجو[۳]

[۱] کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران شرق، دانشگاه آزاد اسلامی تهران، ایران
[۲] استادیار فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران شرق، دانشگاه آزاد اسلامی تهران، ایران
[۳] استادیار بیومکانیک ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران شرق، دانشگاه آزاد اسلامی تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: سیترولین مالات به عنوان یک مکمل ورزشی که عملکرد بی‌هوازی را بهبود می‌بخشد مطرح است. هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر کوتاه مدت مکمل سیترولین مالات بر سطوح لاکتات، LDH و عملکرد فعالیت‌های مقاومتی است.

روش‌ها: در این پژوهش ۱۶ مرد با میانگین سنی ۴/۷±۲۶/۴ سال، درصد چربی ۶/۷±۱۵/۴ و شاخص توده بدنی ۲/۸±۲۳/۷ به عنوان آزمودنی انتخاب شدند. پروتکل فعالیت ورزشی به شکل متقاطع در ۳ جلسه فعالیت مقاومتی تمام بدن که به ترتیب شامل حرکات هاک اسکوات، جلو ران ماشین، پرس سینه هالتر و سیم کش زیربغل از جلو انجام شد. در ابتدای هر جلسه، ابتدا نمونه خونی از آزمودنی‌ها در حالت استراحت گرفته شد. یک ساعت قبل از شروع فعالیت ورزشی در هفته اول، آزمودنی‌ها ۶ گرم مکمل سیترولین مالات + ۲۵۰ میلی لیتر آب، هفته دوم دارونما حاوی ۵ گرم دکستروز + ۲۵۰ میلی لیتر آب و هفته سوم ۸ گرم مکمل سیترولین مالات در ۲۵۰ میلی لیتر آب مصرف نمودند. از هر آزمودنی نمونه های خونی در فواصل ۱ ساعت قبل، بلافاصله و ۳۰ دقیقه پس از فعالیت ورزشی برای بررسی غلظت‌های LDH و لاکتات گرفته شد. پس از هر ست نیز میزان درک فشار برای همه فعالیت‌های ورزشی گرفته و ثبت شد.

یافته‌ها: اختلاف معنی‌داری در سطوح لاکتات بین جلسات فعالیت مقاومتی با دوزهای مختلف سیترولین مالات وجود ندارد (P>۰/۰۵). ولی در مقادیر LDH اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۵). اختلاف معنی‌داری نیز در مجموع میزان درک فشار بین جلسات (RPE) وجود نداشت (P>۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد مصرف مکمل سیترولین مالات در پی یک جلسه فعالیت مقاومتی شدید می‌تواند مقادیر LDH را کاهش دهد و به کاهش کوفتگی عضلانی منجر شود، اما موجب بهبود RPE پس از فعالیت ورزشی نمی‌شود.

کلیدواژه‌ها: مکمل سیترولین مالات، فعالیت مقاومتی، لاکتات دهیدروژناز، لاکتات.

*نویسنده مسئول: **شاهین ریاحی ملایری**. پست الکترونیک: shahinriyahi@yahoo.com

مقدمه

اهمیت آمادگی جسمانی در نیروهای نظامی، یکی از مهمترین عواملی است که در هر کشوری به طور جدی مد نظر قرار می‌گیرد، بخصوص سربازان آماده نبرد که از جایگاه خاصی در این مقوله برخوردارند (۱). تمرینات مقاومتی منجر به افزایش پروتئین‌های عضله شده و متعاقب آن افزایش قدرت و هاپرتروفی عضله رخ می‌دهد و همچنین افزایش توان بی هوازی و قدرت انفجاری که از دیگر تغییراتی است که در پی این نوع تمرینات گزارش شده و این موارد نکات قابل توجهی برای مربیان ورزشی نیروهای نظامی تلقی می‌شوند (۲).

در این میان، کمک‌های ارگوژنیک می‌تواند در بهبود عملکرد حائز اهمیت باشد و در برابر مواردی از قبیل افزایش دمای مرکزی بدن، کاهش ذخائر گلیگوژن عضله، کاهش آب بدن و در نهایت سیستم ایمنی بدن نقش بسزایی داشته باشد. کمک‌های ارگوژنیک به مواد یا ابزاری گویند که می‌تواند تولید انرژی و یا ریکاوری آن را تسهیل کرده و بخصوص برای ورزشکاران رقابتی مفید باشد (۳). در فعالیت‌های ورزشی بخصوص فعالیت‌های با شدت بالا، مصرف انرژی افزایش یافته، برخی آنزیم‌ها و مولکول‌ها برای تامین نیاز بدن شروع به کار کرده و فعالیت برخی دیگر آنها نیز بیشتر می‌شود. بدلیل استرسی که به بدن فرد ورزشکار در پی یک جلسه فعالیت ورزشی وارد می‌شود اتفاقات گوناگونی در بدن وی رخ می‌دهد که هر کدام علل خود را داشته و می‌تواند به نوبه خود در کیفیت فعالیت بدنی او تاثیرگذار باشد.

از بعضی تغییراتی که درفعالیت ورزشی در بدن انسان بوجود می‌آید می‌توان به تجمع متابولیت‌ها، ایجاد اسیدوز و افت سطح انرژی اشاره نمود که در نهایت به کاهش عملکرد منتهی می‌شود و هنگامی که این مواد به مقدار زیاد تولید شوند می‌توانند ادامه فعالیت ورزشی را مختل کنند (۴). تمرین‌های ورزشی و بخصوص ورزش‌های بی‌هوازی منجر به تولید ماده‌ای بنام اسید لاکتیک و یون لاکتات در عضلات شده که بخشی از آن وارد خون می‌شود، باعث افت PH خون شده و تعادل اسید و باز را بهم می‌ریزد. یون هیدروژن در پی‌افزایش اسید لاکتیک از عضلات رها می‌شود و تجمع این یون‌های هیدروژن محیطی اسیدی را در بدن بوجود آورده که منجر به خستگی می‌شود (۵). با توجه به اینکه در ورزش‌های بی‌هوازی مثل اغلب ورزش‌های مقاومتی، دستگاه گلیکولیز بی‌هوازی غالب بوده و تولید اسید لاکتیک بالاست، بررسی شاخص‌های مرتبطی که باتوجه به شدت فعالیت دستخوش تغییر می‌شود مانند لاکتات حائز اهمیت می‌باشد (۶). لاکتات یک متابولیت کلیدی در مسیر سوخت و ساز بی‌هوازیست و زمانی که نیاز به انرژی توسط بافت‌ها نتواند توسط تنفس هوازی برطرف شود غلظت لاکتات افزایش میابد و ایجاد خستگی می‌کند (۷). توجه به بعضی شاخص‌های مرتبط با خستگی برای رسیدن به اهداف ورزشی بسیار قابل توجه است و بررسی آنها می‌تواند ما را به اهداف خود نزدیک کند. به عنوان نمونه در یک سرباز جنگی که در شرایط دشوار با خستگی و کوفتگی‌های عضلانی مواجه شده و فرصت کافی برای بازیابی انرژی ندارد، این موضوع در اولویت قرار می‌گیرد. در این رابطه ارزیابی این شاخص‌ها می‌تواند راه را برای کارشناسان و مربیان این رشته هموارتر کرده و دید صحیحی از مسیر پیشرفت ورزشکار در اختیار آنها قرار دهد. از جمله این شاخص‌ها می‌توان به آنزیم‌هایی از قبیل لاکتات دهیدروژناز (LDH) مراجعه کرد، که در زمان ورزش آزاد شده و نشانه آسیب سلول عضله در اثر فعالیت ورزشی می‌باشد و می‌توان از آن برای بررسی میزان تخریب و آسیب عضله بهره برد (۸). لاکتات دهیدروژناز آنزیمی است که در سطح سیتوپلاسم بافت‌های بدن فعالیت دارد و توانایی عبور از سد غشای سارکوپلاسمی را ندارد و این یکی از دلایلی بوده که افزایش غلظت آن به عنوان یک نشانه آسیب به غشای سلول و بافت در نظر گرفته می‌شود. این آنزیم در سیستم گلیکولیز بی‌هوازی، موجب تسریع تبدیل اسید پیرویک به اسید لاکتیک و برعکس می‌شود و غلظت بالای این آنزیم در فعالیت‌های بدنی، نشان از تغییرات در بافت عضلانی و شدت فعالیت دارد (۱۰،۹).

تمرینات ورزشی می‌تواند در بهبود عملکرد فیزیکی و ذهنی افراد سودمند باشد. یکی از دلایل بهبود شرایط بدنی اشاره شده توسط فعالیت‌های ورزشی، مولکولی بنام نیتریک اکساید است. نیتریک اکساید نوعی رادیکال آزاد بوده که در داخل و میان سلول‌ها پیام رسانی می‌کند و در بسیاری از مسیرهای فیزیولوژیکی نقش ایفا می‌کند (۱۱،۱۲).

یک فعالیت ورزشی مقاومتی باشدت بالا منجر به افزایش قابل توجه نیتریک اکساید می‌شود (۱۳). در این بین، اسید آمینه‌ای بنام سیترولین به عنوان پیش ساز سنتز نیتریک اکساید عمل می‌کند (۱۴). سیترولین آمینو اسیدی غیرضروری است که یکی از فواید آن بهبود جریان خون بوده و دلیل آن افزایش سطح پلاسمایی اسیدآمینه‌ای بنام آرژنین بوده که سوبسترای اصلی برای سنتز نیتریک اکساید است (۱۵).

سیترولین یکی از آمینواسیدهای درگیر در چرخه اوره بوده که در آنجا آرژنین تولید شده توسط واکنش آنزیمی آرژناز به اورنیتین و اوره تبدیل می‌شود (۱۶) . اوره یکی از عواملی است که در فرآیند گیلکولیز بی هوازی بدست می‌آید و منجر به تولید اسیدلاکتیک و یون لاکتات شده و در نتیجه خستگی عضلانی را پدید می‌آورد (۱۷). گفته شده سیترولین با بافر آمونیاک در چرخه اوره، موجب افزایش استفاده پیروات شده و در نتیجه موجب کاهش تولید لاکتات در مسیر گلیکولیز بی هوازی می‌شود (۱۸). بسیاری از محققان معتقدند که ترکیب سیترولین به همراه نوعی نمک به نام مالات موثرتر است. چون مالات بخشی از چرخه کربس بوده که سرعت تولید هوازی ATP را افزایش داده و بنابراین ترکیب این ماده با سیترولین را مکملی مفید در کاهش خستگی و بهبود عملکرد

می‌دانند (۱۹،۲۰). مصرف مکمل سیترولین مالات پس از یک تمرین مقاومتی پرشدت منجر به کاهش لاکتات و تغییر در میزان درک فشار شد (۲۱). در بررسی دیگری نشان داده شد که سیترولین مالات می‌تواند خواص ارگوژنیک داشته و به افزایش قدرت کمک نماید (۲۲). با این وجود برخی از تحقیق‌ها هم عکس این نتایج را نشان دادند (۲۴، ۲۳).

در این ضمینه هنوز تحقیقات به طور دقیق مصرف این مکمل به عنوان یک مکمل کمک کننده در بازیابی انرژی و بهبود عملکرد ورزشی را تایید نکرده‌اند. و اثرات احتمالی این مکمل بخصوص در ورزش‌های مقاومتی هنوز در پاره ای از ابهام قرار دارد. هدف این مطالعه پاسخ به این پرسش است که آیا مکمل خوراکی سیترولین مالات می‌تواند با کاهش متابولیت‌هایی چون لاکتات و آنزیم LDH باعث بهبود وضعیت ورزشکاران و بازیابی انرژی در ورزش‌های مقاومتی شود؟

روش‌ها

روش این تحقیق به صورت نیمه تجربی با سه گروه بود که آزمودنی‌ها از چگونگی تخصیص دوز مکمل مورد استفاده آگاه نبودند. از بین ورزشکاران پسر ۷ باشگاه بدنسازی شهر اهواز ۳۱ نفر که دارای شرایط اولیه ثبت نام بودند داوطلب شدند. قد، وزن و شاخص توده بدنی آنها اندازه گیری شد. از بین آزمودنی‌ها ۱۶ نفر که از نظر مشخصات آنتروپومتری نزدیک به هم بوده به عنوان نمونه انتخاب شدند. آزمودنی‌ها با میانگین سنی ۴/۷۳±۲۶/۴۴ سال، وزن ۹/۲۹±۷۴/۱۸ کیلوگرم و درصد چربی ۶/۷۰±۱۵/۴۴ بوده که حداقل ۱ سال به طور مستمر تمرینات بدنسازی داشته و در ۲ سال اخیر از مصرف هرگونه استروئید و مواد نیروزا پرهیز کرده بودند. همچنین در ۱ ماه گذشته هیچ گونه مکملی اعم از ورزشی و غیر ورزشی استفاده نکرده و افرادی سالم و بدور از مصرف سیگار و الکل بودند. آزمودنی‌ها از هیچ الگو و رژیم غذایی پیروی نکرده و طبق تغذیه عادی خود در این پژوهش شرکت کنند، برای اطمینان بیشتر از آنها درخواست شد تا ۳ ساعت قبل از اجرای پروتکل ورزشی غذا و مایعاتی بجز آب نخورده باشند (۲۵).

طول مدت اجرای پروتکل تمرینی ۳ هفته بود که هر هفته یکبار آزمودنی‌ها در باشگاه ورزشی جمع شده و فعالیت ورزشی در نظر گرفته شده را انجام می‌دادند (۲۶،۱۲).

آزمودنی‌ها هر هفته یک مکمل (سیترولین مالات ۶ گرم، دارونما، سیترولین مالات ۸ گرم) را مصرف می‌نمودند. هفته نخستین ابتدا قبل از انجام هر فعالیتی، به میزان ۵ سی سی خون از سیاهرگ بازویی آنها گرفته شد و پس از سانتریفیوژ شدن، آنزیم LDH و لاکتات داوطلبان سنجیده و ثبت شد. در این مطالعه برای سنجش آنزیم LDH از کیت بایونیک (ساخت ایران) با درجه حساسات ۱۵ µM و برای سنجش لاکتات از کیت گرینر (ساخت آلمان) با درجه حساسیت ۲ mg/dl استفاده شد. در ادامه به آزمودنی‌ها ۶ گرم مکمل سیترولین مالات (محلول استیمول– ساخت کشور فرانسه) که در ۲۵۰ میلی لیتر آب حل شده بود، به فاصله یک ساعت مانده تا شروع فعالیت ورزشی داده شد و پس از گذشت یک ساعت، آزمودنی‌ها مطابق با برنامه، شروع به گرم کردن و پس از آن انجام فعالیت مقاومتی مورد نظر نمودند (۲۸،۲۷).

پس از انجام آخرین ست آزمون، خونگیری از ورید بازویی آنها به میزان ۵ سی سی گرفته شد. سپس آزمودنی‌ها ۱۰ دقیقه بدن خود را سرد کرده و پس از گذشت ۳۰ دقیقه از خونگیری اول، مجدداً برای بار دوم به همان میزان خونگیری انجام شد. هفته دوم مجدداً آزمودنی‌ها پس از آماده شدن در محل تمرین و یک ساعت قبل از شروع ورزش، ابتدا خونگیری اولیه به عنوان پیش آزمون را انجام داده و پس از آن مکملی حاوی ۵ گرم دکستروز و چند قطره اسانس پرتغال (شبیه ساز طعم مکمل سیترولین مالات) به عنوان دارونما مصرف کردند. خونگیری‌ها نیز مشابه هفته قبل بلافاصله پس از آخرین ست تمرینی (مرحله اول) و ۳۰ دقیقه پس از آن (مرحله دوم) انجام شد.

سرد کردن نیز پس از انجام خونگیری اول همانند روال هفته قبل انجام شد. هفته سوم و آخر تحقیق نیز دقیقاً همان مراحل هفته‌های قبل که شامل خونگیری اولیه، مصرف مکمل و ۲ بار خونگیری پس از ورزش را طی کرده با این تفاوت که مداخله این بار مکمل سیترولین مالات با دوز ۸ گرم بود. شدت فعالیت ورزشی حدود ٪۷۵ یک تکرار بیشینه در نظر گرفته شد که این مقادیر در جلسات نخست برای هر آزمودنی ارزیابی و مشخص شده بود (۲۹). حرکات ورزشی انتخاب شده در این تحقیق تشکیل شده از ۲ حرکت برای عضلات پایین تنه و ۲ حرکت برای عضلات بالا تنه بود که ابتدا حرکات پایین تنه شامل هاک اسکوات و جلوران با ماشین و سپس حرکات بالاتنه شامل پرس سینه هالتر خوابیده و زیربغل سیم کش دست باز از جلو انجام شد. هر حرکت در۳ ست انجام شده و فاصله استراحت بین ست‌ها ۱ دقیقه و بین هر حرکت نیز ۲ دقیقه در نظر گرفته شد. تکرارها بین ۱۰ تا ۱۲ تکرار و سرعت اجرای آنها نیز ۰/ ۲ / ۰/ ۲ تعیین شد (۳۰). پس از انجام ست‌ها در هر حرکت، میزان درک فشار (RPE) از آزمودنی‌ها گرفته شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها: تحلیل آماری بر اساس اهداف و سوالات تحقیق با استفاده از آزمون‌های آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر برای بررسی تغییرات ۳ مرحله خونگیری در هر جلسه و آنالیز واریانس دو راهه جهت بررسی تغییرات بین ۳ جلسه انجام گرفت. در صورت معنی‌داری آزمون‌های آنوا از آزمون تعقیبی بانفرونی استفاده شد. بعلاوه جهت بررسی ارتباط بین سطوح فاکتورهای مورد اندازه گیری از آزمون پیرسون استفاده شد.

ملاحظات اخلاقی: مطالعه حاضر با مجوز معاونت پژوهش دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق با کد مصوب ۹۶۶۲۰۰۳ انجام گرفته است.

نتایج

تجزیه تحلیل یافته‌ها با آزمون آنالیز تحلیل واریانس دوراهه نشان می‌دهد تفاوت معنی‌داری در شاخص LDH بین جلسات مختلف مصرف دوز سیترولین مالات وجود دارد (p= ۰/۰۰۳). در نتیجه آزمون تعقیبی افزایش معنی داری در سطوح LDH بلافاصله پس از تمرین مقاومتی به دنبال مصرف ۶ گرم مکمل سیترولین مالات نسبت به دارونما و ۸ گرم مکمل سیترولین مالات مشاهده شد. بعلاوه کاهش معنی‌داری در سطوح LDH ۳۰ دقیقه پس از تمرین مقاومتی به دنبال مصرف ۸ گرم مکمل سیترولین مالات در مقایسه با مصرف ۶ گرم مکمل سیترولین مالات مشاهده شد. همچنین تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر در نتیجه مقایسه‌های میانگین درون هر جلسه تفاوت معنی داری در شاخص LDH بین ۳ زمان اندازه‌گیری در هر ۳ جلسه مشاهده شد (p=۰/۰۰۱). در نتیجه آزمون تعقیبی تفاوت معنی‌داری بین هر ۳ زمان در هر ۳ گروه وجود داشت (جدول-۱).

تجزیه تحلیل یافته‌ها با آزمون آنالیز تحلیل واریانس دوراهه نشان می‌دهد تفاوت معنی‌داری در شاخص لاکتات بین جلسات مختلف مصرف دوز سیترولین مالات وجود ندارد (p=۰/۸۱۸). با این وچود تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر در نتیجه مقایسه‌های میانگین درون هر جلسه تفاوت معنی‌داری در شاخص لاکتات بین ۳ زمان اندازه گیری در هر ۳ جلسه مشاهده شد (p=۰/۰۰۱). در نتیجه آزمون تعقیبی تفاوت معنی داری بین هر ۳ زمان در هر ۳ گروه وجود داشت (جدول-۱).

جدول-۱. بررسی تغییرات LDH و لاکتات پس از فعالیت ورزشی مقاومتی به دنبال مصرف مقادیر متفاوت مکمل سیترولین مالات با آزمون تحلیل واریانس دوراهه و اندازه گیری مکرر

فاکتور	زمان	۶ گرم سیترولین مالات	دارونما	۸ گرم سیترولین مالات	مقدار F	pبین گروهی	اندازه اثر
LDH	استراحت	۳۲۷/۲۵±۵۹/۷۷	۳۳۲/۲۷±۵۶/۴۳	۳۳۱/۰۰±۵۲/۵۴	مکمل= ۱۳/۵۸۸	۰/۰۰۱	۰/۱۶۸
	بلافاصله پس از فعالیت	۵۹۲/۵۶±۲۱۲/۷۴	۴۲۰/۵۰±۷۶/۲۹	۴۱۲/۲۵±۶۴/۹۹	زمان= ۲۴/۰۴۸	۰/۰۰۱	۰/۲۶۳
	۳۰ دقیقه پس از فعالیت	۴۸۰/۹۴±۱۵۵/۵۹	۳۹۰/۶۲±۶۸/۳۵	۳۵۰/۱۲±۵۴/۶۱	تعامل=۴/۲۱۳	۰/۰۰۳*	۰/۱۱۱
	p درون گروهی	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*			
لاکتات	استراحت	۱۳/۵۴±۲/۶۰	۱۴/۱۱±۲/۷۰	۱۴/۰۳±۲/۳۲	مکمل= ۰/۶۷۶	۰/۵۱۱	۰/۰۱۰
	بلافاصله پس از فعالیت	۱۱۰/۲۲±۱۵/۰۲	۱۰۳/۹۱±۱۴/۵۷	۱۰۸/۸۸±۲۰/۰۷	زمان= ۸۷۸/۸۸	۰/۰۰۱	۰/۹۲۹
	۳۰ دقیقه پس از فعالیت	۳۱/۱۴±۱۰/۲۵	۲۹/۴۵±۱۰/۹۷	۳۱/۴۹±۱۱/۹۶	تعامل=۰/۳۸۶	۰/۸۱۸	۰/۰۱۱
	p درون گروهی	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*			

* سطح معنی‌داری ۰/۰۵ > P در نظر گرفته شده است.

آنالیز تحلیل واریانس دوراهه نشان می‌دهد تفاوت معنی‌داری در RPE بین جلسات مختلف مصرف دوز سیترولین مالات وجود ندارد (P>۰/۰۵). با این وجود تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر در نتیجه مقایسه‌های میانگین درون هر جلسه تفاوت معنی‌داری در حرکات هاک اسکوات و جلوران ماشین بین ۳ زمان اندازه گیری در جلسه ۶ و ۸ گرم سیترولین مالات مشاهده شد (P<۰/۰۵). در نتیجه مقایسه‌های درون هر جلسه تفاوت معنی‌داری در حرکات زیربغل سیم کش و پرس سینه هالتر خوابیده، بین ۳ زمان اندازه گیری در هر ۳ جلسه مشاهده شد (P <۰/۰۵) (جدول-۲).

بحث

هدف از مطالعه، بررسی تاثیر مکمل سیترولین مالات روی شاخص‌های LDH و لاکتات در پی یک جلسه فعالیت مقاومتی بود. نتایج نشان داد مصرف مکمل سیترولین مالات باعث کاهش سطوح LDH پس از تمرین مقاومتی شد ولی روی شاخص لاکتات در جلسات مختلف تاثیر معنی داری نداشت. همچنین در میزان درک فشار در بین مراحل مصرف مکمل، تغییر معنی‌داری مشاهده نشد. به نظر می‌رسد مکمل خوراکی سیترولین مالات می‌تواند در بعضی فاکتورهای التهابی مانند LDH پس از یک جلسه ورزش مقاومتی پرشدت اثر مثبت داشته باشد. سیستم غالب انرژی در فعالیت ورزشی استفاده شده گیلولیز بی‌هوازی است که در آن لاکتات با کمک LDH به پیروات و برعکس تبدیل شده تا تولید انرژی کند و با فعالیت بدنی شدید، فعالیت این آنزیم بالا می‌رود (۱۰). شدت فعالیت درنظر گرفته شده در این پژوهش حدود ۷۵ درصد 1RM است و به طور مشخص فعالیت آنزیم LDH در همه جلسات بالارفته و از این منظر، شدت مورد نظر توانسته آسیب سلولی مورد انتظار را ایجاد کند. یکی از شاخص‌های آسیب سلولی و کوفتگی عضلانی آنزیم LDH است که گفته می‌شود غلظت آن می‌تواند حتی تا چند روز پس از فعالیت شدید بدنی بالا بماند (۳۱).

می‌توان شرایط یک سرباز نظامی را متصور شد که در صحنه نبرد و حجم و شدت بالای فعالیت بدنی دچار آسیب‌های سلولی و کوفتگی‌های تاخیری شده و در آن وضعیت، به دنبال راهکاری بی‌دردسر، بدون اتلاف زمان و عوارض جانبی بوده تا برای شرایط سخت احتمالی بعدی خود را آماده کند. کاهش آسیب سلولی و همانطور که گفته شد فعالیت بدنی پرشدت بخصوص در فعالیت‌های بی هوازی که تولید انرژی غالباً بدون حضور اکسیژن است، باعث تولید لاکتات زیادی شده که در پی آن اسیدوز درون سلولی افزایش یافته و در نهایت باعث خستگی می‌شود (۳۲).

جدول-۲. بررسی تغییرات درک فشار پس از فعالیت ورزشی مقاومتی به دنبال مصرف مقادیر متفاوت مکمل سیترولین مالات با آزمون تحلیل واریانس دوراهه و اندازه گیری مکرر

حرکت ورزشی	زمان	۶ گرم مکمل سیترولین مالات	دارونما	۸ گرم مکمل سیترولین مالات	مقدار F	P بین گروهی
هاک اسکوات	ست اول	۸/۲۲±۰/۸۷	۸/۴۷±۰/۸۶	۷/۵۶±۰/۷۰	مکمل= ۱۱/۳۲۱	۰/۰۰۱
	ست دوم	۹/۲۱±۰/۸۲	۸/۷۵±۰/۷۳	۸/۱۹±۰/۸۵	زمان= ۱۸/۹۹۷	۰/۰۰۱
	ست سوم	۹/۳۷±۰/۶۷	۸/۹۳±۰/۷۳	۸/۸۴±۰/۷۷	تعامل=۱/۷۳۹	۰/۱۴۵
	p درون گروهی	۰/۰۰۳	۰/۱۰۹	۰/۰۰۹	-----	-----
زیربغل سیم کش	ست اول	۸/۸۷±۰/۶۷	۸/۳۱±۰/۷۹	۷/۷۲±۰/۸۴	مکمل= ۲۵/۱۴۵	۰/۰۰۱
	ست دوم	۹/۷۲±۰/۵۱	۹/۱۲±۰/۶۹	۸/۶۲±۰/۷۲	زمان= ۵۱/۰۳۶	۰/۰۰۱
	ست سوم	۹/۸۱±۰/۳۱	۹/۷۱±۰/۵۱	۹/۲۸±۰/۵۵	تعامل=۱/۳۱۶	۰/۲۶۷
	p درون گروهی	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	-----	-----
پرس سینه خوابیده	ست اول	۸/۷۵±۰/۸۴	۸/۶۲±۰/۹۹	۸/۰۰±۰/۷۹	مکمل= ۱۰/۳۴۱	۰/۰۰۱
	ست دوم	۹/۶۹±۰/۴۰	۹/۴۱±۰/۷۶	۸/۹۰±۰/۶۹	زمان= ۳۷/۳۴۳	۰/۰۰۱
	ست سوم	۹/۸۴±۰/۳۵	۹/۶۲±۰/۶۷	۹/۴۷±۰/۵۳	تعامل=۰/۶۳۶	۰/۶۳۷
	p درون گروهی	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	-----	-----
جلوران ماشین	ست اول	۸/۳۷±۰/۹۶	۸/۴۴±۰/۹۵	۸/۳۱±۰/۸۷	مکمل= ۰/۱۰۲	۰/۹۰۳
	ست دوم	۸/۶۲±۰/۹۲	۸/۶۲±۱/۰۷	۸/۷۸±۰/۷۹	زمان= ۵/۳۶۹	۰/۰۰۶
	ست سوم	۹/۰۳±۰/۷۶	۸/۸۴±۱/۱۱	۹/۰۶±۰/۵۷	تعامل=۰/۲۰۴	۰/۹۳۶
	p درون گروهی	۰/۰۲۲	۰/۰۰۱	۰/۰۳۱	-----	-----

* سطح معنی‌داری ۰/۰۵ > P در نظر گرفته شده است

در تجزیه و تحلیل غلظت لاکتات در زمان‌های مختلف، متعاقب یک جلسه ورزش مقاومتی، اختلاف معنی‌داری بین گروه‌ها مشاهده نشد اگر چه اختلاف معنی‌داری در هر مرحله در ۳ زمان استراحت، بلافاصله و ۳۰ دقیقه پس از فعالیت وجود دارد. این نتایج با برخی تحقیقات همسو است. Chappell و همکاران در تحقیقی که از فعالیت ورزشی بی‌هوازی و کوتاه مدت در روش کار خود استفاده نموده بودند، تاثیر ۸ گرم مکمل سیترولین مالات روی مردان و زنان فعال نتوانست باعث کاهش غلظت لاکتات شود (۲۳). همچنین در تحقیق Farney و همکاران تاثیر ۸ گرم مکمل سیترولین مالات در ۳ مرحله مکمل، دارونما و کنترل به همراه ۴ حرکت مقاومتی نشان داد که با وجود افزایش غلظت لاکتات پس از جلسات، مصرف سیترولین مالات نتوانست اختلاف محسوس و موثری در کاهش لاکتات داشته باشد (۲۶). یافته‌های دیگری توسط Cutrufello و همکاران نشان داد که سیترولین به بهبود عملکرد کمک نمی‌کند. این تحقیق که مکمل سیترولین با دوز ۶ گرم را در فعالیت‌های ورزشی هوازی و بی‌هوازی مورد بررسی قرار داده بود، ابراز داشت که شواهدی مبنی بر کاهش تجمع لاکتات توسط این مکمل بدست نیامد (۳۲). مشابه آن نیز در تحقیق دیگری توسط Diaz و همکاران که روی آسیب عضلانی ورزشکاران بود، به معنی‌دار نبودن سیترولین روی سطوح لاکتات اشاره داشت (۳۳). Wax و همکاران و Da silva و همکاران تاثیرات سیترولین مالات را، که شباهت‌های زیادی با تحقیق حاضر دارند، در فعالیت ورزشی مقاومتی بررسی کردند. در این تحقیقات دوسو کور که مشابه تحقیق حاضر از طرح متقاطع و مصرف ۶ و ۸ گرم سیترولین مالات استفاده شده بود، به تاثیر معنی‌داری در سطوح لاکتات دست یافته نشد (۳۴،۱۷). برخلاف تحقیقاتی که نام برده شد، بسیاری از محققان به نتایجی متفاوت دست یافته و نشان دادند که مکمل سیترولین مالات روی شاخص لاکتات تاثیر معنادار دارد. در تحقیقی که Kiyici و همکاران روی جامعه هندبالیست‌ها انجام دادند، تاثیر این مکمل در ۴ هفته تمرین پر شدت بررسی شد. در نهایت مشخص شد که کاهش لاکتات خون در گروه مکمل بخصوص بلافاصله پس از پایان تمرین، معنی‌دار بوده است (۳۵). همینطور کابرال و همکاران در تحقیقی که این مکمل را با دو دوز مختلف در ورزشکاران سطح بالا بررسی کرده بود، پس از ۱۳ روز میزان لاکتات مقایسه شده در گروه‌های مختلف به معنی‌داری تاثیر سیترولین مالات با دوزهای ۳ و ۶ گرم نسبت به گروه دارونما اذعان کردند (۲۱).

با توجه به نکاتی که در مورد تولید انرژی از سیستم گلیکولیز بی‌هوازی گفته شد، نوع پروتکل ورزشی انجام شده به تولید لاکتات زیاد و خستگی منجر شد و در تمام جلسات این موضوع مشخص است. بدنبال فعالیت بدنی و ایجاد آسیب عضلانی، لاکتات به همراه

یون هیدورژن ایجاد شده از عضلات اسکلتی به پلاسما راه پیدا کرده و مقداری از آن توسط تارهای اکسیداتیو جذب و با اکسیژن ترکیب می‌شوند. مقدار دیگری از این مواد نیز با کمک پروتئین‌هایی بنام انتقال دهنده‌های مونوکربوکسیلات، به گلبول‌های قرمز خون وارد شده و برای فرآیند گلیکونئوژنز وارد کبد می‌شوند. محبی و همکاران نوع تمرینات ورزشی از طریق افزایش این انتقال دهنده‌ها را در تسریع فرآیند گلیکونئوژنز و پاکسازی لاکتات موثر می‌دانند (۱۰).

همین طور گزارش شده که تشکیل لاکتات با افزایش غلظت پروتون‌های سلول و بازسازی یون بیکربنات رابطه دارد (۷). وجود آنزیم LDH در خون پس از تمرینات پرشدت نیز عامل مشهودی است که نشان از آسیب در غشای سلول عضلانی دارد. سیترولین مالات با افزایش مصرف پیروات از طریق مسیر بی هوازی باعث کاهش لاکتات می‌شود (۱۸).

البته برخی میزان آمونیاک خون را در این مورد مرتبط می‌داند (۲۰). بسیاری از محققین اثرات مثبت NO در این موارد را دخیل می‌دانند از جمله تحقیق Guzel و همکاران که ورزش منظم را عامل پیشرفت مسیر سنتز NO در پژوهش خود نشان داد. استرسی که با فعالیت ورزشی به سلول‌های اندوتیال وارد می‌شود موجب تحریک سنتز NO می‌شود (۱۳).

باید اشاره کرد که بسیاری از محققین تاثیرات مثبت مکمل سیترولین مالات را موجب کمک به افزایش سنتز NO دانسته و ابراز داشتند که این مکمل با تقویت این مسیر باعث افزایش برداشت متابولیت‌های زائد می‌شود (۳۳).

سیترولین مالات پیش ساز اسیدآمینه‌ای بنام آرژنین بوده که سوبسترای سنتز NO می‌باشد و مکمل سیترولین مالات می‌تواند موجب فعال تر شدن رویه تولید NO باشد (۲۱).

آزمودنی‌های این تحقیق به لحاظ سابقه تمرین با وزنه با یکدیگر اختلاف داشته و سازگاری آنها با تمرینات ورزشی یکسان نبود. سازگاری با تمرینات میتواند یکی از مهمترین عواملی باشد که در این پژوهش سطوح لاکتات خون و میزان درک فشار را دست خوش تغییر نموده است.

به این نکته نیز باید اشاره شود که اگر چه از آزمودنی‌ها خواسته شده بود تا هیچ نوع مکملی مصرف نکنند، اما تغذیه آنها مورد ارزیابی قرار نگرفته و ممکن است سطح انرژی این افراد و واکنش غذایی که شب قبل و روزهای آزمون بوجود آورده، در عدم معنی‌داری سطوح لاکتات موثر بوده باشد.

نتیجه‌گیری

آنزیم LDH در یک فعالیت ورزشی پر شدت پس از مصرف سیترولین مالات به طور معنی داری کاهش یافت، اما در غلظت لاکتات تغییر معنی داری بین جلسات آزمون نشان داده نشد. همچنین در میزان درک فشار در جلسات مصرف مکمل نیز تغییر معنی داری ایجاد نشد. سازگاری با فعالیت و حرکات ورزشی مورد نظر که روی پروتئین‌های انقباضی، غلظت آنزیم و متابولیت‌ها اثربخش است نکته قابل توجه‌ای است که باید در بررسی تغییرات غلظت لاکتات آن را بیشتر مورد نظر قرار داد. بطور کلی به نظر می‌رسد مصرف مکمل سیترولین مالات در پی یک جلسه فعالیت مقاومتی شدید می‌تواند به کاهش فعالیت آنزیم LDH کمک کرده و در بازیابی انرژی پس از پایان فعالیت بدنی مفید باشد، اما یافته‌های این تحقیق به شواهدی در کاهش لاکتات با مکمل سیترولین مالات دست نیافت. همچنین این مکمل موجب کاهش درک فشار در حین فعالیت نشد. با این وجود به تحقیقات بیشتری برای روشن‌تر شدن این موضوع نیاز است.

نکات بالینی کاربردی برای جوامع نظامی

- استفاده از بعضی مکمل‌های بهبود دهنده عملکرد از جمله سیترولین مالات می‌تواند در موارد نیاز، به کمک افراد نظامی آمده و بخصوص در زمانی که فرصت کافی برای بازیابی انرژی پس از فعالیت‌های سخت وجود ندارد.
- از آنجایی که احتمال تجمع مواد زائد در عضلات اسکلتی و کوفتگی تاخیری در پی تمرینات آماده سازی افراد مورد نظر وجود دارد، توجه به حجم و شدت وطراحی تمرینات ورزشی در نیروهای نظامی آماده رزم امری ضروری بوده و نیاز به برنامه‌ریزی دقیق دارد.

تشکر و قدردانی: همچنین نویسندگان این مقاله از کلیه آزمودنی‌هایی که در این پژوهش ما را یاری رساندند صمیمانه تشکر می‌نمایند و مراتب قدردانی و تشکر خود را از معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق، اعلام می‌دارند.

نقش نویسندگان: همه نویسندگان در نگارش اولیه مقاله یا بازنگری آن سهیم بودند و همه با تایید نهایی مقاله حاضر، مسئولیت دقت و صحت مطالب مندرج در آن را می‌پذیرند.

تضاد منافع: نویسندگان تصریح می‌کنند که هیچ گونه تضاد منافعی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع:

1. Papay J. Simonek J. 2017. Physical Fitness of Soldiers in the Armed Forces of Slovakia.Fox KR. The influence of physical activity on mental well-being. Public health nutrition. 1999; 2(3a):411-8.

2. Norshahi M, Havanloo F, Beigzadeh M, Abdul Saleh Z. Comparison of the effect of resistance and speed exercises on flexibility, muscle strength.

Journal of Sport and Biomotor Sciences. 2010; 2 (3): 10-20.
3. Chen CK, Ooi FK, Kasim NA, Asari MA. Effects of Eurycoma Longifolia Jack supplementation combined with resistance training on isokinetic muscular strength and power, anaerobic power, and urinary testosterone: Epitestosterone ratio in young males. International Journal of Preventive Medicine. 2019;10.
4. Tyler AN. The Effect of High Intensity Exercise on pH and Inflammatory Biomarkers (Doctoral dissertation, Kent State University).
5. Chycki J, Kurylas A, Maszczyk A, Golas A, Zajac A. Alkaline water improves exercise-induced metabolic acidosis and enhances anaerobic exercise performance in combat sport athletes. PLoS One. 2018; 13(11):e0205708
6. Skidmore BL, Jones MT, Blegen M, Matthews TD. Acute effects of three different circuit weight training protocols on blood lactate, heart rate, and rating of perceived exertion in recreationally active women. J Sports Sci Med. 2012; 11(4):660-8.
7. Rathee K, Dhull V, Dhull R, Singh S. Biosensors based on electrochemical lactate detection: A comprehensive review. Biochemistry and biophysics reports. 2016; 5:35-54.
8. Rumley AG, Pettigrew AR, Colgan ME, Taylor R, Grant S, Manzie A, Findlay I,Dargie H, Elliott A. Serum lactate dehydrogenase and creatine kinase during marathon training. Br J Sports Med. 1985; 19(3):152-5.
9. Callegari GA, Novaes JS, Neto GR, Dias I, Garrido ND, Dani C. Creatine Kinase and Lactate Dehydrogenase Responses after Different Resistance and Aerobic Exercise Protocols. J Hum Kinet. 2017; 58:65-72.
10. Mohebi H, Rahmaniniya F, Arabmomeni A, Reyasi A, Marandi M. The effects of intermittent training and age on blood lactate (La) Level and lactate dehydrogenase enzyme (LDH) activity in male wistar rats. Jmj. 2014; 12 (4): 23-30
11. Tsukiyama Y, Ito T, Nagaoka K, Eguchi E, Ogino K. Effects of exercise training on nitric oxide, blood pressure and antioxidant enzymes. J Clin Biochem Nutr. 2017; 60(3):180-186.
12. Dadkan M, Yaghmaei B, Gharakhanlou R, Gaeini A.A, Shateri Moghaddam M. The effect of eight weeks of football training on the concentration of nitric oxide (NO) metabolites in football players in the first category of the country's universities. Research in Medicine. 2002; 26(3):181-6.
13. Güzel NA, Hazar S, Erbas D. Effects of different resistance exercise protocols on nitric oxide, lipid peroxidation and creatine kinase activity in sedentary males. J Sports Sci Med. 2007; 6(4):417-22.
14. Suzuki T, Morita M, Kobayashi Y, Kamimura A. Oral L-citrulline supplementation enhances cycling time trial performance in healthy trained men: Double-blind randomized placebo-controlled 2-way crossover study. J Int Soc Sports Nutr. 2016;13:6.
15. Takeda K, Machida M, Kohara A, Omi N, Takemasa T. Effects of citrulline supplementation on fatigue and exercise performance in mice. J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo). 2011; 57(3):246-50.
16. Kim IY, Schutzler SE, Schrader A, Spencer HJ, Azhar G, Deutz NE, et al. Acute ingestion of citrulline stimulates nitric oxide synthesis but does not increase blood flow in healthy young and older adults with heart failure. Am J Physiol Endocrinol Metab. 2015; 309 (11):E915-24.
17. da Silva DK, Jacinto JL, de Andrade WB, Roveratti MC, Estoche JM, Balvedi MCW, et al. Citrulline Malate Does Not Improve Muscle Recovery after Resistance Exercise in Untrained Young Adult Men. Nutrients. 2017; 9(10).
18. Martínez-Sánchez A, Ramos-Campo DJ, Fernández-Lobato B, Rubio-Arias JA, Alacid F, Aguayo E. Biochemical, physiological, and performance response of a functional watermelon juice enriched in L-citrulline during a half-marathon race. Food Nutr Res. 2017; 61(1):1330098.
19. Giannesini B, Izquierdo M, Le Fur Y, Cozzone PJ, Verleye M, Le Guern ME, et al. Beneficial effects of citrulline malate on skeletal muscle function in endotoxemic rat. Eur J Pharmacol. 2009; 602(1):143-7.
20. Bendahan D, Mattei JP, Ghattas B, Confort-Gouny S, Le Guern ME, Cozzone PJ. Citrulline/malate promotes aerobic energy production in human exercising muscle. Br J Sports Med. 2002; 36(4):282-9.
21. López-Cabral JA, Rivera-Cisneros A, Rodríguez-Camacho H, Sánchez-González JM, Serna-Sánchez I, Trejo-Trejo M. Modification of fatigue indicators using citrulline malate for high performance endurance athletes. Revista Latinoamericana de Patologia Clinica y Medicina de Laboratorio. 2012;59 (4):194-201.
22. Glenn JM, Gray M, Wethington LN, Stone MS, Stewart RW Jr, Moyen NE. Acute citrulline malate supplementation improves upper- and lower-body submaximal weightlifting exercise performance in resistance-trained females. Eur J Nutr. 2017; 56(2): 775-784.
23. Chappell AJ, Allwood DM, Johns R, Brown S, Sultana K, Anand A, et al. Citrulline malate supplementation does not improve German Volume Training performance or reduce muscle soreness in moderately trained males and females. J Int Soc Sports Nutr. 2018; 15(1):42.
24. Gonzalez AM, Spitz RW, Ghigiarelli JJ, Sell KM, Mangine GT. Acute Effect of Citrulline Malate Supplementation on Upper-Body Resistance Exercise Performance in Recreationally Resistance-Trained Men. J Strength Cond Res. 2018; 32(11):3088-3094.
25. Tinsley GM, Hamm MA, Hurtado AK, Cross AG, Pineda JG, Martin AY, et al. Effects of two pre-workout supplements on concentric and eccentric force production during lower body resistance exercise in males and females: a counterbalanced, double-blind, placebo-controlled trial. J Int Soc Sports Nutr. 2017; 14:46.
26. Farney TM, Bliss MV, Hearon CM, Salazar DA. The Effect of Citrulline Malate Supplementation on

Muscle Fatigue among Healthy Participants. J Strength Cond Res. 2019; 33(9):2464-2470.
27. Seo DI, Kim E, Fahs CA, Rossow L, Young K, Ferguson SL, et al. Reliability of the one-repetition maximum test based on muscle group and gender. J Sports Sci Med. 2012; 11(2):221-5.
28. Schoenfeld BJ, Contreras B, Krieger J, Grgic J, Delcastillo K, Belliard R, et al. Resistance Training Volume Enhances Muscle Hypertrophy but Not Strength in Trained Men. Med Sci Sports Exerc. 2019; 51(1):94-103.
29. West DWD, Abou Sawan S, Mazzulla M, Williamson E, Moore DR. Whey Protein Supplementation Enhances Whole Body Protein Metabolism and Performance Recovery after Resistance Exercise: A Double-Blind Crossover Study. Nutrients. 2017; 9(7): E735.
30. Wilk M, Golas A, Stastny P, Nawrocka M, Krzysztofik M, Zajac A. Does tempo of resistance exercise impact training volume? Journal of human kinetics. 2018; 62(1):241-50.
31. Hammouda O, Chtourou H, Chahed H, Ferchichi S, Chaouachi A, Kallel C, et al. High intensity exercise affects diurnal variation of some biological markers in trained subjects. Int J Sports Med. 2012; 33(11):886-91.
32. Cutrufello PT, Gadomski SJ, Zavorsky GS. The effect of l-citrulline and watermelon juice supplementation on anaerobic and aerobic exercise performance. J Sports Sci. 2015; 33(14):1459-66.
33. Tarazona-Díaz MP, Alacid F, Carrasco M, Martínez I, Aguayo E. Watermelon juice: potential functional drink for sore muscle relief in athletes. J Agric Food Chem. 2013; 61(31):7522-8.
34. Wax B, Kavazis AN, Luckett W. Effects of Supplemental Citrulline-Malate Ingestion on Blood Lactate, Cardiovascular Dynamics, and Resistance Exercise Performance in Trained Males. J Diet Suppl. 2016; 13(3):269-82.
35. Kiyici F, Eroğlu H, Kishali NF, Burmaoglu G. The Effect of Citrulline/Malate on Blood Lactate Levels in Intensive Exercise. Biochem Genet. 2017; 55(5-6):387-394.