

# Comparison of Local Supplementation and Delayed Release of Sodium Bicarbonate on Serum Levels of Bicarbonate and Blood Lactate in Middle Distance Runners

Roghayeh Fakhrpour<sup>1\*</sup>, Ata Asadi<sup>1</sup>, Davar Rezaeimanesh<sup>2</sup>

1 Department of Sport Sciences, Faculty of Education and Psychology, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

2 Department of General Courses and Basic Sciences, the College of Maritime Economics and Management, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran

## Abstract

**Background and Purpose:** Examining the factors that contribute to enhancing the efficiency and performance of athletes is a subject that has captured the attention of coaches and athletes. For this reason, in addition to the exercises during the preparatory period, they utilize various strategies to help athletes reach their peak performance, which may involve the use of supplements. Therefore, the aim of this study was to compare the effects of locally supplemented and delayed-release sodium bicarbonate on serum bicarbonate levels and blood lactate in middle distance runners.

**Materials & Methods:** Twenty-four athletes (mean age:  $22.75 \pm 4.24$  years; height:  $173.3 \pm 5.68$  cm; weight:  $63.3 \pm 3.61$ ) who trained regularly and had a minimum of two years of training experience voluntarily took part in this study. The subjects were randomly divided into three groups: one receiving sodium bicarbonate enclosed in delayed-release capsules (CAP), another receiving topical sodium bicarbonate (PRL), and a third receiving a placebo (Place). The variables of lactate, bicarbonate, blood pH, digestive discomfort questionnaire, and the 1500m record were measured. Blood sampling was conducted in three stages: at rest, after participants took supplements or placebos, and two minutes after running 1500 meters. The samples were analyzed by a laboratory expert using a blood gas analyzer. To analyze the data, a 3x3 repeated measures analysis of variance, Bonferroni post hoc test, and one-way ANOVA were utilized at a significance level of  $\alpha \geq 0.05$ .

**Results:** The findings of this research showed that the pH changes in the three groups PRL, CAP and Place show different behavior. The results of the follow-up test showed that these changes in the CAP group are significant compared to the PRL and Place groups ( $P < 0.05$ ). Also, the results showed that the changes in bicarbonate in the CAP group were significant compared to the PRL and Place groups ( $P < 0.05$ ). So, in the CAP group, the amount of bicarbonate increased significantly after taking the supplement. There was no significant change in resting lactate levels and 1500m record in the three groups following the use of topical sodium bicarbonate and sodium bicarbonate delayed release capsules ( $P > 0.05$ ).

**Conclusion:** Based on the results obtained, the alkaline reserves of the body can be increased by supplementing with sodium bicarbonate in the delayed release method. Considering that one of the main causes of fatigue in intense training is the decrease in intracellular pH through the increase in lactic acid production. Therefore, the use of sodium bicarbonate supplementation in delayed release capsules can have a significant and positive effect on blood pH in middle distance runners.

**Keywords:** Lactate, pH, alkalosis, sodium bicarbonate, function

\* Corresponding author: [fakhrpour@azaruniv.ac.ir](mailto:fakhrpour@azaruniv.ac.ir)

# مقایسه مکمل دهی موضعی و رهش تعویقی بی کربنات سدیم بر سطوح سرمی بی کربنات و لاکتات خون در دوندگان نیمه‌استقامت

رقیه فخرپور<sup>۱\*</sup>، عطا اسدی<sup>۱</sup>، داور رضایی منش<sup>۲</sup>

۱. گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز-ایران
۲. گروه عمومی و علوم پایه، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ایران

## چکیده

**زمینه و هدف:** مطالعه عوامل مؤثر در افزایش کارایی و عملکرد ورزشکاران، موضوعی است که علاقه مربیان و ورزشکاران را به خود جلب کرده است. به همین خاطر، علاوه بر تمرینات دوره آماده‌سازی، از راهکارهای مختلفی برای رساندن ورزشکاران به اوج عملکرد از جمله استفاده از مکمل‌ها، بهره می‌گیرند. از اینرو، هدف از پژوهش حاضر بررسی مقایسه مکمل دهی موضعی و رهش تعویقی بی کربنات سدیم بر سطوح سرمی بی کربنات و لاکتات خون در دوندگان نیمه‌استقامت بود.

**مواد و روش‌ها:** ۲۴ ورزشکار با (میانگین سنی،  $24 \pm 4/75$  سال؛ قد،  $173/3 \pm 5/68$  سانتی متر و وزن،  $61 \pm 3/63$ ) که به طور منظم تمرین می‌کردند و حداقل دو سال سابقه‌ی تمرینی داشتند به صورت داوطلبانه در پژوهش حاضر شرکت کردند. آزمودنی‌ها به طور تصادفی به سه گروه بی کربنات سدیم محصور در کپسول‌های رهش تعویقی (CAP)، بی کربنات سدیم موضعی (PRL) و گروه مصرف دارونما (Place) تقسیم شدند. متغیرهای لاکتات، بی کربنات، PH خون و پرسشنامه ناراحتی گوارشی و رکورد ۱۵۰۰ متر اندازه‌گیری شدند. نمونه‌گیری خون در سه مرحله، استراحت، بعد از مصرف مکمل یا دارونما و دو دقیقه بعد از دوی ۱۵۰۰ متر توسط کارشناس آزمایشگاه انجام پذیرفت و بوسیله دستگاه بلاد گاز آنالایزر مورد ارزیابی قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس اندازه‌گیری‌های مکرر  $3 \times 3$ ، آزمون تعقیبی بونفرونی و انوای یک‌راهه در سطح معنی‌داری  $\alpha \leq 0/05$  استفاده شد.

**نتایج:** یافته‌های این پژوهش نشان داد که تغییرات PH در سه گروه CAP، PRL و Place رفتار متفاوتی را از خود نشان می‌دهد. نتایج آزمون تعقیبی نشان داد که این تغییرات در گروه CAP در مقایسه با گروه‌های PRL و Place معنادار است ( $P < 0/05$ ). همچنین نتایج نشان داد تغییرات بی‌کربنات در گروه CAP در مقایسه با گروه PRL و Place معنادار بود ( $P < 0/05$ ). به طوریکه در گروه CAP بعد از مصرف مکمل مقادیر بی‌کربنات به طور قابل توجهی افزایش یافت. به دنبال مصرف بی‌کربنات سدیم موضعی و کپسول‌های رهش تعویقی بی‌کربنات سدیم سطوح لاکتات استراحتی و رکورد ۱۵۰۰ متر در سه گروه تغییر معناداری نداشت ( $P > 0/05$ ).

**نتیجه‌گیری:** بر پایه نتایج بدست آمده ذخایر قلیایی بدن از طریق مکمل دهی بی کربنات سدیم به روش رهش تعویقی قابل افزایش است. با توجه به اینکه یکی از علت‌های اصلی خستگی در تمرینات شدید، کاهش PH درون‌سلولی است از طریق افزایش تولید اسیدلاکتیک است. بنابراین استفاده از مکمل دهی بی کربنات سدیم در کپسول‌های رهش تعویقی می‌تواند تاثیر معنادار و مثبتی بر PH خون در دوندگان نیمه‌استقامت داشته باشد.

**واژه‌های کلیدی:** لاکتات، PH، آلكالوز، بی کربنات سدیم، عملکرد

## مقدمه

مهمترین هدف مربیان به اوج رساندن توانایی و عملکرد ورزشکاران از لحاظ فیزیولوژیکی و روانی و حفظ آن در رقابت‌ها و مسابقات است. مربیان، علاوه بر تمرینات دوره آماده‌سازی، از راهکارهای مختلفی برای رساندن ورزشکاران به اوج عملکرد بهره می‌گیرند. از آنجا که رسیدن به این هدف با اجرای تمرینات و روش‌های متعارف تغذیه‌ای بسیار دشوار است، استفاده از مکمل‌ها در طول تمرینات و قبل از مسابقه، برای بهبود عملکرد ورزشکاران از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (۱).

فعالیت عضلانی شدید ممکن است موجب تغییر PH درون سلولی شود، به طوری که در آغاز فعالیت، به دلیل کاتابولیسم کراتین فسفات، حالت قلیایی ایجاد شده و در ادامه با شدت یافتن گلیکولیز، فضای اسیدی حاکم می‌گردد (۲). موفقیت در دوهای نیمه استقامت به سهم یکپارچه متغیرهای هوازی و بی‌هوازی بستگی دارد که به دونده اجازه می‌دهد تا سرعت خود را در طول مسابقه حفظ کند. بر همین اساس دوندگان نیمه‌استقامت باید سیستم هوازی خود را مانند دونده‌های ماراتن ارتقا داده و همزمان از ظرفیت‌های بی‌هوازی بالایی برخوردار باشند (۳).

تمرین‌های مکرر با شدت بالا، تجمع کاتیون‌های هیدروژن ( $H^+$ ) را افزایش می‌دهد. کاتیون‌های هیدروژن محصول جانبی متابولیسم بی‌هوازی بوده و نقش مهمی در خستگی محیطی دارند. مطالعات ثابت کرده‌اند که تجمع یون‌های هیدروژن و لاکتات با تأثیر بر عضلات و سیستم عصبی مرکزی منجر به اختلال در عملکرد ورزشی در ورزشکاران می‌شود (۴). علاوه بر این، تجمع مقادیر زیادی اسیدلاکتیک در عضلات در حین اجرای تمرینات شدید باعث استرس اکسیداتیو بیشتر شده و منجر به آسیب بیش‌ازحد عضلانی می‌گردد. افزایش میزان اسیدلاکتیک عضله بسیاری از روندهای متابولیکی درون عضلانی از جمله فعالیت فسفوفروکتوکیناز را دچار اختلال می‌کند که پیامد آن کاهش تولید ATP و خستگی زودرس عضله، با وجود زیاد بودن ذخایر گلیکوژن است (۵).

یکی از مهم‌ترین راه‌حل‌ها که برای مقابله با این مشکل به کار گرفته می‌شود، مصرف مواد کمکی نیروزا مانند کافئین، کراتین، نیترات، بتا‌آلانین و بی‌کربنات سدیم است. بی‌کربنات یکی از اولین مکمل‌ها برای حفظ تعادل اسید و باز در حین فعالیت ورزشی و همچنین یک الکترولیت بسیار مهم برای عملکرد عصبی عضلانی بهینه است (۶). بی‌کربنات سدیم یک یون منفی خارج سلولی است که نقش مهمی در حفظ PH و شیب الکترولیت‌ها بین محیط داخل و خارج سلولی بازی می‌کند (۷). عملکرد اصلی بی‌کربنات سدیم خنثی کردن یون‌های هیدروژن برای تشکیل دی‌اکسیدکربن و آب و بازگرداندن محیط درون سلولی به PH معین حدود ۷/۳۵ است و بدین طریق سبب افزایش ظرفیت تامپونی خون می‌شود (۸).

گردش بالای ATP عضله اسکلتی، که در طی تمرینات شدید مشاهده می‌شود، تولید یون هیدروژن را افزایش می‌دهد و منجر به اسیدوز عضلانی می‌گردد. اسیدوز متابولیک ناشی از ورزش می‌تواند تولید سوبسترای انرژی را از طریق مسیرهای گلیکولیتیک با کاهش فعالیت آنزیم‌های کلیدی مانند گلیکوژن فسفوریلاز و فسفوفروکتوکیناز کاهش دهد (۹). یون هیدروژن همچنین با یون‌های کلسیم برای محل اتصال تروپونین رقابت می‌کند و به طور مستقیم مانع از ظرفیت انقباض ماهیچه می‌شود. بدن چندین سیستم درون‌زا برای کنترل هموستاز PH دارد. این تعادل توسط بافرهای درون سلولی و خارج سلولی حفظ می‌شود که می‌توانند یون‌های هیدروژن را بپذیرند یا آزاد کنند تا از تغییرات شدید PH جلوگیری کنند (۴).

در ارتباط با اثر مصرف مکمل بی‌کربنات سدیم بر عملکرد ورزشی، تحقیقات متعددی انجام شده و گزارش‌هایی مبنی بر افزایش هر دو ظرفیت بافری و PH برون سلولی وجود دارد. همچنین شواهد بسیار روشنی وجود دارد که نشان می‌دهد بارگیری بی‌کربنات، در جلوگیری از بروز خستگی ناشی از PH پایین، مؤثر است (۶). ساندرز و همکاران تست ظرفیت عملکردی با آزمون دوچرخه را بر روی ۲۱ مرد انجام دادند. شرکت کنندگان ۰/۳ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن بی‌کربنات سدیم یا پلاسیبو (مالتودکسترین) مصرف

1- Adenosine triphosphate

2- NaHCO<sub>3</sub>

کردند. PH خون، بی‌کربنات و لاکتات در ابتدا، قبل از تمرین، بلافاصله پس از تمرین و ۵ دقیقه پس از تمرین تعیین شدند و نتایج نشان داد، بی‌کربنات سدیم ظرفیت دوچرخه‌سواری با شدت بالا را بهبود می‌بخشد (۱۰).

با توجه به اینکه بی‌کربنات سدیم در خنثی سازی اسید معده از بین می‌رود، دوزهای خوراکی زیاد برای افزایش معنادر سطح آن در خون مورد نیاز است (۱۱). ناراحتی حاد گوارشی یکی از عوارض جانبی مصرف زیاد بی‌کربنات سدیم است. به همین دلیل ممکن است افراد را از استفاده از بی‌کربنات سدیم صرف نظر از مزایای بالقوه ارگوژنیک یا نیروزا بودن آن باز دارد. به همین منظور، روش‌های تجویز دیگری که دستگاه گوارش را دور بزند، به کار گرفته می‌شود. یکی از آنها بی‌کربنات سدیم موضعی<sup>۱</sup> می‌باشد. در این روش بی‌کربنات سدیم را مستقیماً از طریق پوست منتقل می‌کند و محدودیت‌های روده را دور می‌زند. دو مزیت مهم تحویل بی‌کربنات سدیم از طریق کرم موضعی، یکی افزایش ظرفیت بافر، برای محدود کردن تأثیر منفی تولید سریع اسید در عضله است (۱۲). این عامل می‌تواند پیشرفت خستگی را در طول جلسات تمرینی و مسابقات با شدت بالا کاهش دهد، در نتیجه باعث می‌شود تمرین با کیفیت بالا و حفظ عملکرد در طول مسابقه انجام شود. دوم، این مکمل می‌تواند احساس درد عضلانی پس از ورزش را کاهش دهد. به این معنا که بی‌کربنات سدیم ممکن است التهاب و ادم یا تورم پس از تمرین را کاهش دهد و به ورزشکاران این امکان را می‌دهد که به طور مؤثرتری ریکاوری کنند. تنها یک تحقیق در مورد کرم بی‌کربنات سدیم یافت شد و آن هم نتایج متناقضی را بیان می‌کند (۱۳).

یکی دیگر از راه‌هایی که می‌تواند مشکلات گوارشی ناشی از مصرف بی‌کربنات سدیم خوراکی را کمتر کند، استفاده از کپسول‌های رهش تعویقی می‌باشد که بی‌کربنات سدیم در آن محصور شده است (۱۴). ترکیبات پوشش داده شده با پلیمر می‌توانند در برابر تخریب معده مقاومت کنند (۱۵). هیدروکسی پروپیل متیل (HPMC) سلولز موجود در کپسول‌های با رهش تعویقی، می‌تواند در برابر تخریب در محیط‌های اسیدی مقاومت کند و خواص مقاوم در برابر معده را ارائه می‌کند. در عوض، تخریب در دوازدهه اتفاق می‌افتد، جایی که PH بسیار قلیایی‌تر است و جذب می‌تواند به سرعت انجام شود. از آنجایی که دیسترس دستگاه گوارش تا حدی به تخریب در معده نسبت داده می‌شود، پیشنهاد شده است که کپسول‌های مقاوم به معده ممکن است علائم و ناراحتی‌هایی که با مصرف بی‌کربنات سدیم معمول مشاهده می‌شوند را کاهش دهد (۱۶). با توجه به اینکه در این روش، بی‌کربنات کمتری در معده از دست می‌رود، احتمالاً دوزهای کوچکتر ممکن است تغییرات اسیدی-بازی قابل مقایسه با دوزهای بزرگتر ایجاد کند. هیچ مطالعه‌ای تا به امروز استفاده از بی‌کربنات سدیم با رهش تعویقی را بر روی فراهمی زیستی بی‌کربنات بررسی نکرده است. مصرف بی‌کربنات سدیم با رهش تعویقی ممکن است در کسانی که ناراحتی شدید گوارشی را با محلول آبی تجربه می‌کنند، نیروزاتر باشد، اگرچه این امر مستلزم بررسی بیشتر است (۱۷). با توجه به آنچه گفته شد و اینکه تاکنون پژوهش‌های مشخص علمی در این زمینه صورت نگرفته است، برآن شدیم پژوهشی در مورد دو روش بارگیری بی‌کربنات سدیم (مقایسه مکمل دهی موضعی و رهش تعویقی بی‌کربنات سدیم بر سطوح سرمی بی‌کربنات سدیم و لاکتات خون در دوندگان نیمه استقامت) انجام دهیم. بنابراین هدف از انجام این پژوهش مقایسه مکمل دهی موضعی و رهش تعویقی بی‌کربنات سدیم بر سطوح سرمی PH، بی‌کربنات و لاکتات خون در دوندگان نیمه استقامت بود.

## روش پژوهش

نمونه‌های پژوهشی: این پژوهش از نوع نیمه تجربی به صورت تقابل تصادفی گروه مداخله و گروه کنترل بود. از بین

1- PR Locion

2- Hydroxypropyl Methyl Cellulose

دونده های نیمه استقامت استان آذربایجان شرقی ۲۴ نفر با دامنه سنی ۱۸-۲۸ سال به صورت داوطلبانه انتخاب شدند. روش نمونه‌گیری به صورت هدف‌دار و در دسترس با استفاده از فراخوان عمومی صورت گرفت. اندازه نمونه با در نظر گرفتن آزمون آماری، اندازه اثر ۰/۶، مقدار الفای ۰/۰۵، توان آزمون ۰/۸، تعداد گروه‌ها و با احتساب حدود ۲۰ درصد تغییر در متغیرهای مورد نظر با استفاده از نرم افزار جی پاور، ۲۴ نفر تعیین شد. معیارهای ورود به پژوهش شامل، سالم بودن و عدم سابقه مصرف داروهای اثر گذار بر متغیرها، عدم مصرف دخانیات، عدم سابقه اختلالات خواب، حداقل دو سال سابقه‌ی تمرینی و تمایل به شرکت در پژوهش بود. افراد نمونه از پزشک متخصص مجوز شرکت در فعالیت ورزشی را دریافت کردند.

آزمودنی‌ها با استفاده از نرم افزار RAS از طریق مسدودسازی طبقه بندی در سه گروه هشت نفره دریافت کننده کپسول خوراکی (CAP) دریافت کننده لوسیون (PRL) و دارونما با نسبت تخصیص ۱: ۱: ۱ تقسیم بندی شدند. به منظور کورسازی، نوع مداخله بر اساس توالی تصادفی توسط شخص غیر درگیر در پژوهش بر روی یک کاغذ نوشته شده و در پاکت سربسته به ترتیب با شماره ۱ تا N قرار گرفت.

**روش اجرای پژوهش:** ابتدا از آزمودنی‌ها دعوت بعمل آمد تا در یک جلسه توجیهی آشنایی با مراحل پژوهش شرکت نمایند. در این جلسه آزمودنی‌ها با نحوه انجام برنامه‌های اجرایی پژوهش آشنا و فرم‌های رضایت نامه شرکت در پژوهش را تکمیل نمودند. در روز آزمون از تمام آزمودنی‌ها برای حضور در محل آزمایشگاه و پیست اجرای دوی ۱۵۰۰ متر دعوت به عمل آمد. در آزمایشگاه پس از اینکه آزمودنی‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در وضعیت نشسته استراحت کردند به منظور تعیین سطوح پایه PH، لاکتات و بی کریبات ۲ میلی لیتر خون از ورید جلو بازویی توسط متخصص آزمایشگاه گرفته شد. سپس تمام آزمودنی‌ها پرسشنامه ناراحتی گوارشی (GI) را تکمیل نمودند. ۹۰ دقیقه قبل از اجرای دو گروه CAP کپسول خوراکی بی کریبات سدیم با رهش تعویقی، گروه های PRL و PLACE پلاسبو خوراکی (۰/۳ گرم/کیلوگرم وزن بدن) دکستروز محسور شده در کپسول های ژلاتین را دریافت کردند. ۶۰ دقیقه پیش از اجرای دو گروه PRL لو سیون PR موضعی، گروه های CAP و PLACE لو سیون همسان با دارونما (کرم مرطوب کننده) را دریافت نمودند. در ادامه و ۳۰ دقیقه قبل از دوی ۱۵۰۰ متر نمونه های خونی دوم با همان شرایط از آزمودنی‌ها گرفته شد. سپس آزمودنی‌ها مجدداً پرسشنامه ناراحتی گوارشی را تکمیل کردند.

از یک پروتکل مشترک گرم کردن عمومی مخصوص دوندگان شامل ۸ دقیقه دویدن با سرعت ۱۰ کیلومتر بر ساعت بر روی تردمیل و سپس به مدت ۳ دقیقه اجرای حرکات کششی (گروه عضلات چهارسر، همسترینگ و کمر کمربند شانه ای و عضلات پشتی و سینه ای، دو سر و سه سر بازویی) و چند استارت کوتاه استفاده گردید. برای اجرای دوی ۱۵۰۰ متر، آزمودنی‌ها به طور تصادفی در گروه های ۴ نفره تقسیم شدند، ترتیب استقرار آزمودنی‌ها بر روی لاین‌های پیست در استارت، در هر گروه به صورت تصادفی تعیین شد. دو دقیقه بعد اجرای دوی ۱۵۰۰ متر نمونه خونی سوم گرفته شد.

**روش‌های آزمایشگاهی:** نمونه های خونی با سرنگ هیپارینه جمع آوری شده و بلافاصله به آزمایشگاه تشخیص طبی انتقال یافتند. نمونه ها، توسط دستگاه بلاد گاز آنالایزر (ISTAT; ABBOTT, CHICAGO, IL)، ساخت کشور آمریکا مورد ارزیابی قرار گرفتند.

**تحلیل آماری:** از آزمون شاپیرو-ویلک جهت تعیین وضعیت طبیعی توزیع داده‌ها استفاده شد. برای بررسی برابری

---

1- Random allocation software

2- capsule

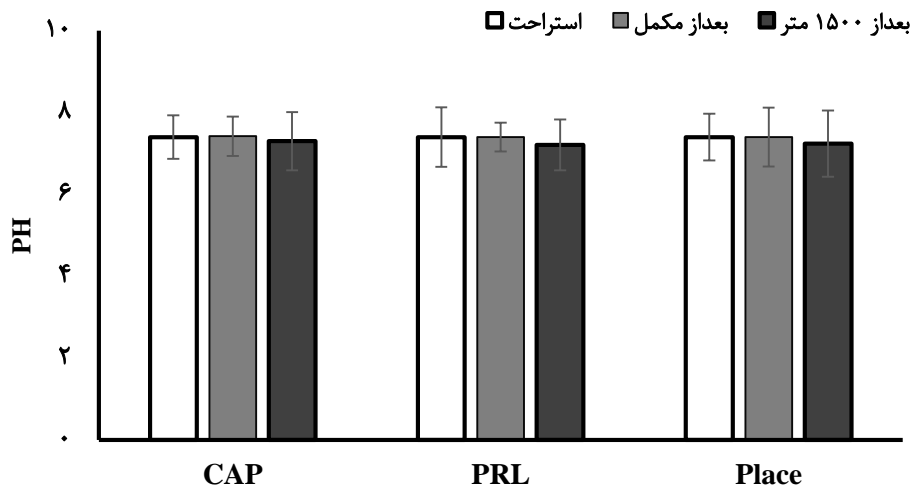
3- PR Locion

4- Gastrointestinal Index

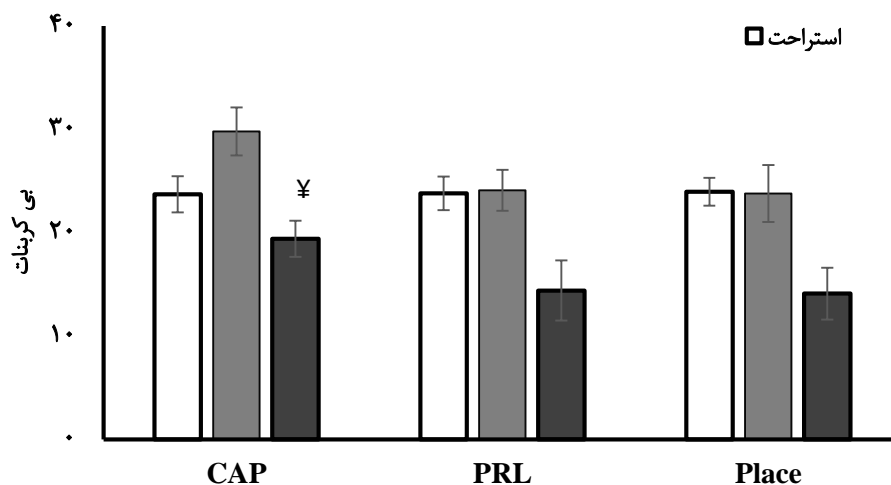
همگنی واریانس‌ها از آزمون لوون و برای محاسبه شاخص‌های مرکزی و پراکندگی از آمار توصیفی استفاده شد. پس از اطمینان از طبیعی بودن داده‌ها، به منظور مشاهده اثرات متغیرهای مستقل بر متغیرهای وابسته (لاکتات و PH و بی‌کربنات خون) از آزمون تحلیل واریانس اندازه‌گیری‌های مکرر ۳×۳ استفاده شد. به منظور مشاهده مکان تفاوت‌ها از آزمون بنفرونی استفاده گردید. از آزمون انوای یک طرفه به منظور مشاهده تفاوت‌های سه گروه در متغیرهای وابسته عملکردی (رکوردها ۱۵۰۰ متر) و پرسشنامه ناراحتی گوارشی استفاده شد. این پرسشنامه ۱۵ سوالی توسط لابس و همکاران تهیه گردیده است و برای اندازه‌گیری نشانگان ویژه حساسیت گوارشی استفاده می‌شود. روایی این پرسشنامه بوسیله سازندگان آن در سطح مناسبی گزارش شده است، همچنین پایایی آن با روش آلفای کرونباخ برابر با ۰/۹۳ محاسبه شده است (۱۸). تحلیل‌های آماری در سطح آماری  $P \leq 0/05$  و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۴ انجام گرفت.

## نتایج

برپایه نتایج آزمون شاپیرو-ویلک، توزیع داده‌ها در همه متغیرها در سه گروه طبیعی بود. هم‌گونی واریانس‌ها نیز با آزمون لوون مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های مکرر دوطرفه (جدول ۱) برای متغیرهای PH خون (شکل ۱) و بی‌کربنات (شکل ۲) نشان داد که اثر مراحل اندازه‌گیری بدون در نظر گرفتن عامل گروه معنادار است ( $P < 0/05$ ). همچنین اثر تفاوت‌های گروهی بدون توجه به اثر مراحل نیز معنادار است ( $P < 0/05$ ). نتایج تحلیل واریانس مقادیر PH خون و بی‌کربنات حاکی است که بین مراحل اندازه‌گیری و تفاوت‌های گروهی یک اثر تعاملی وجود دارد ( $P < 0/05$ ). به بیان دیگر، الگوی تغییرات این شاخص‌ها در سه گروه مشابه نیست. آزمون تعقیبی بنفرونی نشان داد که تغییرات PH و بی‌کربنات در گروه CAP در مقایسه با PRL و CAP با PLACE معنادار است ( $P < 0/05$ )، (جدول ۱). به عبارت دیگر مکمل دهی بی‌کربنات سدیم در کپسول‌های رهش تعویقی تاثیر معنادار بر PH خون دوندگان نیمه‌استقامت دارد.



شکل ۱. میانگین ( $\pm$  خطای معیار) PH استراحت، قبل مکمل و پس از ۱۵۰۰ متر در سه گروه.



شکل ۲. میانگین (± خطای معیار) بی کربنات استراحت، قبل مکمل و پس از ۱۵۰۰ متر در سه گروه. ¥ معناداری در گروه CAP

درباره لاکتات نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های مکرر دوطرفه نشان داد که اثر مراحل اندازه‌گیری بدون در نظر گرفتن عامل گروه معنادار است ( $P < 0/05$ ) ولی اثر تفاوت‌های گروهی بدون توجه به اثر مراحل معنادار نیست ( $P > 0/05$ ). نتایج تحلیل واریانس مقادیر لاکتات نشان داد بین مراحل اندازه‌گیری و تفاوت‌های گروهی اثر تعاملی وجود ندارد ( $P > 0/05$ )، (جدول ۱).

آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های مکرر دوطرفه در مورد ناراحتی گوارش حاکی است که اثر مراحل اندازه‌گیری بدون در نظر گرفتن عامل گروه ( $P < 0/05$ ) و تفاوت‌های گروهی بدون توجه به اثر مراحل معنادار است ( $P < 0/05$ ). نتایج تحلیل واریانس داده‌های ناراحتی گوارش نشان داد بین مراحل اندازه‌گیری و تفاوت‌های گروهی اثر تعاملی وجود دارد ( $P < 0/05$ ). آزمون تعقیبی بنفرونی نشان داد که تغییرات نمرات ناراحتی گوارش در هیچ یک از گروه‌ها معنادار نبود ( $P > 0/05$ )، (جدول ۱).

جدول ۱. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر متغیرها در سه گروه

متغیر	منبع تغییر	مجموع مجذورات آزادی	درجه آزادی	میانگین مجذورات	مقدار F	مقدار P
PH	مراحل اندازه‌گیری	۰/۲۷۲	۱	۰/۲۷۲	۵۰۵/۹۶۱	۰/۰۰۱
	تفاوت‌های گروهی	۰/۰۲	۲	۰/۰۱۰	۱۶/۲۷۳	۰/۰۰۱
	اثر تعامل	۰/۰۱۵	۲	۰/۰۰۷	۱۳/۵۸۵	۰/۰۰۱
بی کربنات (میلی مول / لیتر)	مراحل اندازه‌گیری	۷۳۵/۶	۱	۷۳۵/۶	۵۴۹/۴۴۳	۰/۰۰۱
	تفاوت‌های گروهی	۲۰۳/۵	۲	۱۰۱/۷	۳۴/۵۴۶	۰/۰۰۱
	اثر تعامل	۷۵/۵	۲	۳۷/۵	۲۸/۲۱۴	۰/۰۰۱
لاکتات (میلی مول / لیتر)	مراحل اندازه‌گیری	۲۸۸۰/۲	۱	۲۸۸۰/۲	۲۸۳۴/۱۹۲	۰/۰۰۱
	تفاوت‌های گروهی	۰/۰۸۶	۲	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۹۵۸

اثر تعامل	۰/۰۱	۱	۰/۰۰۷	۰/۰۱۱	۰/۹۸۹
مراحل اندازه گیری	۱۱/۸	۱	۱۱/۸	۱۱۵/۹۳۸	۰/۰۰۱
تفاوت های گروهی	۰/۸۸۲	۲	۰/۴۴۱	۴/۳۳۱	۰/۰۲۷
اثر تعامل	۰/۸۸۲	۲	۰/۴۴۱	۴/۳۳۱	۰/۰۲۷

تحلیل واریانس انوای یک طرفه نشان داد که در رکورد ۱۵۰۰ متر بین سه گروه تفاوت معناداری وجود ندارد ( $P > 0.05$ )، (جدول ۲). با این حال اختلاف میانگین رکورد گروه CAP با گروه دارونما، ۴/۳۴ ثانیه بود. هرچند این اختلاف معنادار نبود ولی در دوی ۱۵۰۰ متر اختلاف قابل توجهی می باشد.

جدول ۲. نتایج آزمون تحلیل واریانس انوای یک طرفه رکورد ۱۵۰۰ متر در سه گروه

منبع تغییر	مجموع مجزورات	درجه آزادی	میانگین مجزورات	مقدار F	مقدار P
تفاوت های بین گروهی	۷۵/۶۳۹	۲	۳۷/۸۲۰	۱/۲۴۲	۰/۳۰۹
تفاوت های درون گروهی	۶۳۹/۳۷۱	۲۱	۳۰/۴۴۶		

## بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که اثر مراحل اندازه گیری بدون توجه به عامل گروه و اثر تفاوت های گروهی بدون توجه به اثر مراحل در متغیرهای PH خون و بی کربنات معنادار است. همچنین، نتایج تحلیل واریانس مقادیر PH خون و بی کربنات حاکی است که بین مراحل اندازه گیری و تفاوت های گروهی یک اثر تعاملی وجود دارد. در حالی که در متغیر لاکتات خون اثر مراحل اندازه گیری بدون توجه به عامل گروه معنادار بود اما اثر تفاوت های گروهی بدون توجه به اثر مراحل معنادار نبود. علاوه بر این، نتایج تحلیل واریانس این متغیر حاکی است که بین مراحل اندازه گیری و تفاوت های گروهی یک اثر تعاملی وجود ندارد. با وجود بهبود رکورد ۱۵۰۰ متر در گروه های PRL و CAP نسبت به گروه CON اما این تفاوت ها معنادار نبود. در مورد ناراحتی گوارشی اثر مراحل اندازه گیری بدون توجه به عامل گروه و اثر تفاوت های گروهی بدون توجه به مراحل معنادار و بین مراحل اندازه گیری و تفاوت های گروهی یک اثر تعاملی وجود داشت.

یکی از علت های اصلی خستگی در تمرینات شدید، کاهش PH درون سلولی است. یافته های این پژوهش نشان داد که، PH در سه مرحله و در سه گروه PRL، CAP و PLACE رفتار متفاوتی را از خود نشان می دهد، نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که این تغییرات بین گروه CAP و PRL، همچنین، بین دو گروه CAP و PLACE معنادار است ولی بین دو گروه PRL و PLACE تغییرات معناداری مشاهده نشد.

بر اساس این نتایج مکمل دهی بی کربنات سدیم در کپسول های رهش تعویقی تأثیر معنی داری بر PH خون دوندگان نیمه استقامت دارد، ولی این تغییرات در گروه بی کربنات سدیم موضعی معنادار نبود، یافته های این پژوهش در مورد رهش تعویقی با نتایج هیلتون و همکاران (۱۴) و در مورد روش موضعی با مک کی و همکاران (۱۳) همسو بود. اعتقاد بر این است که افزایش اسیدیته داخل عضلانی در فعالیت بدنی با شدت بالا، خستگی عضلات اسکلتی را افزایش می دهد. عوامل زیادی وجود دارد که می تواند منجر به خستگی در حین فعالیت بدنی شود. این عوامل شامل عوامل خستگی محیطی و مرکزی مانند تجمع اسید لاکتیک، تحویل اکسیژن، کاهش بستر درون عضلانی، جذب واحد حرکتی، کاهش



در دامنه حرکتی و انگیزه کلی می‌شود (۱۷). وقتی ظرفیت بافر درون سلولی از حدی فراتر رود، یون های هیدروژن و اسیدلاکتیک در خون پخش می‌شوند و باعث افت PH خارج سلولی می‌گردند. هنگامی که این اتفاق می‌افتد، یون های بی‌کربنات آزاد می‌شوند تا با یون های هیدروژن متصل شوند و اسیدکربنیک ایجاد کنند. این اثر "بافر" اجازه می‌دهد تا حالت قلیایی بیشتری برقرار و عملکرد ورزشی افزایش یابد (۱۹).

با توجه به آنچه گفتیم، انتظار می‌رود مصرف مکمل بی‌کربنات سدیم PH خون و فرایند تامپون اسید لاکتیک تولید شده را افزایش دهد. با این حال هیچ تفاوتی در وضعیت PH بین لوسیون PR و گوه دارونما مشاهده نشد. یافته‌های ما نشان می‌دهد که کاربرد بی‌کربنات سدیم موضعی در مقادیر تجویز شده، در گردش خون منعکس نشده است. این در حالی است که مصرف مکمل بی‌کربنات سدیم در گروه CAP، PH استراحتی را افزایش داد. بعد از اجرای دوی ۱۵۰۰ متر، PH خون در هر سه گروه کاهش یافت. ولی این کاهش در گروه CAP کمتر بود به بیان دیگر، مصرف مکمل بی‌کربنات سدیم در گروه CAP، کاهش PH خون را بعد فعالیت تعدیل کرده بود. به نظر می‌رسد که القای آلکالوز متابولیک، افزایش ناچیزی در جذب یون هیدروژن در عضله فعال پدید می‌آورد و سبب افزایش PH استراحتی و مهار گلیکولیز بی‌هوازی می‌شود. این تغییر ممکن است در آغاز فعالیت، سبب افزایش سرعت درگیری فسفوریلاسیون اکسایشی نیز بشود. بر اساس نتایج پژوهش های موگان و همکاران (۲۰۱۸) و کرکسیک (۲۰۱۸) مکمل بی‌کربنات سدیم، غلظت بی‌کربنات خارج سلول را افزایش داده و باعث آلکالوز (قلیایی شدن) خون می‌شود (۶، ۲۰). بدلیل وجود شیب بیشتر PH بین سلول های عضلانی و مایعات خارج سلولی،  $H^+$  تولید شده در حین ورزش با سهولت بیشتری منتقل می‌شود و منجر به جریان بیشتر  $H^+$  و لاکتات از عضله در حال فعالیت می‌شود. این روند مکانیسم حمایتی دیگری در برابر کاهش درون سلولی و تجمع لاکتات را فراهم می‌نماید. لذا افزایش در ظرفیت بافری با استفاده از مکمل بی‌کربنات سدیم می‌تواند می‌تواند باعث انقباض عضلانی طی فعالیت شدید شده و خستگی را به تاخیر بیندازد (۲۱).

بر پایه نتایج این پژوهش، تغییرات بی‌کربنات در گروه CAP به طور قابل توجهی (در حدود ۶ میلی‌مول درلیتر) در مقایسه با گروه PLACE و PRL افزایش معنادار داشت. همچنین مقادیر بی‌کربنات پس از دوی ۱۵۰۰ متر در گروه CAP تقریباً به مقادیر استراحت رسید، این در حالی است که در گروه PRL و PLACE به میزان قابل توجه پایین تر از مرحله استراحت رسید. این نتایج با یافته‌های گرگیک و همکاران (۲۲)، هیلتون و همکاران (۱۴)، کار و همکاران (۲۳)، در مورد گروه CAP همسو است. شواهد نشان می‌دهد که بی‌کربنات سدیم می‌تواند بار یونی و تعادل یونی را با کاهش جریان یون های پتاسیم از عضلات و در نتیجه حفظ خواص انقباضی عضلانی در طول ورزش تغییر دهد (۲۴). این به شیب سدیم پتاسیم مورد نیاز برای ایجاد پتانسیل عمل در محل اتصال عصبی عضلانی و در نتیجه دپلاریزاسیون سلول های عضلانی کمک می‌کند. تحقیقات نشان داده است که به دلیل افزایش یون های سدیم خارج سلولی ناشی از مصرف بی‌کربنات سدیم، تجمع یون پتاسیم در حین ورزش در خون کاهش می‌یابد (۲۵). با القای آلکالوز متابولیک که از طریق مصرف خوراکی بافر حاصل می‌شود، می‌توان این کاهش PH را بیشتر متوقف کرد و به ورزشکار اجازه داد قبل از ایجاد خستگی محیطی در سطح بالاتری عمل کند. مصرف مقادیر مناسب بی‌کربنات سدیم، می‌تواند غلظت بی‌کربنات بدن را بین پنج تا شش میلی‌مول در لیتر افزایش دهد (۱۵). به طور معمول هنگامی که یون های هیدروژن اضافی در داخل عضله تولید می‌شود، توانایی سلول عضلانی برای تولید ATP را با مهار آنزیم های کلیدی درگیر در تولید ATP بی‌هوازی و هوازی کاهش می‌دهد. یون های هیدروژن همچنین با یون های کلسیم برای اتصال به تروپونین رقابت می‌کنند که روند انقباض عضلات را مختل می‌کند. این وقفه همان چیزی است که منجر به خستگی محیطی در عضلات درگیر در فعالیت بدنی می‌گردد و در نهایت منجر به کاهش عملکرد می‌شود. فرضیه روش تجویز بی‌کربنات سدیم که قرار گرفتن در معرض معده را به حداقل برساند، منطبق قوی دارد. اخیراً، استفاده از کپسول های رهش تعویقی در بیماران مورد بررسی قرار گرفت، جایی که مکمل بی‌کربنات سدیم منجر به افزایش زیاد یون بی‌کربنات با حداقل

عوارض جانبی شد (۱۴، ۲۶).

تفاوتی در سطوح لاکتات استراحتی به دنبال مصرف بی کربنات سدیم موضعی و کپسول های رهش تعویقی بی کربنات سدیم با گروه کنترل مشاهده نشد، در هر سه گروه مصرف مکمل بی کربنات سدیم و دارونما، افزایش معنی داری در سطوح لاکتات خون پس از دو ۱۵۰۰ متر مشاهده شد که با مطالعه مک کی و همکاران (۱۳) هم سواست و با مطالعه فرری پرا و همکاران (۲۷)، فریس و همکاران (۲۸) در تضاد است. پروتئین های انتقالی در جابجایی لاکتات و برقراری توازن اسید-باز در دو سوی غشای اریتروسیت ها، درگیر بوده و مسئول بخش عمده جابجایی لاکتات هستند (۲۹). در اثر آلکالوز، خروج لاکتات از عضله فعال افزایش می یابد، اما افزایش جریان خروج لاکتات بدون تغییر در شیب غلظتی لاکتات از عضله به سمت خون نیز گزارش شده است که به نظر می رسد در اثر افزایش شیب یونی ناشی از القای آلکالوز باشد (۳۰). بنابراین با توجه به اینکه سطوح لاکتات استراحتی، به جز در شرایط پاتولوژیک، به طور معمول ثابت است، بنابراین عدم تغییر مقادیر لاکتات استراحتی منطقی است. در هر سه گروه افزایش معناداری در سطوح لاکتات خون پس از دو ۱۵۰۰ متر مشاهده شد. با این حال، تفاوتی در مقدار این تغییرات (از مرحله پس از مصرف مکمل تا بعد از دویدن) در سه گروه مشاهده نشد. به بیان دیگر، آلکالوز بر مقدار خروج از عضله لاکتات به سمت خون تأثیر نداشت. تصور می شود که در اولین دقایق بعد از تمرین، جریان خروج یون های هیدروژن به خون، سرعت بی شتری نسبت به لاکتات دارد. جذب لاکتات و یون هیدروژن توسط عضلات غیر فعال، بر مقدار خروج آنها از عضلات فعال تأثیر می گذارد. همچنین بر اساس برخی گزارش ها، جریان لاکتات به مایعات برون سلولی، مستقل از وضعیت اسید و باز در آب میان بافتی بوده و اغلب مقدار آن ثابت است (۳۱). بنابراین این مسئله می تواند در توجیه عدم تفاوت بین گروهی در سطوح لاکتات، کمک کننده باشد.

در نمرات پرسشنامه ناراحتی گوارشی بین سه گروه PRL، CAP، PLACE تفاوت معناداری مشاهده نشد. یکی از معایب مکمل بی کربنات سدیم در محلول آبی (که مصرف آن رایج است)، ناراحتی دستگاه گوارش است. ناراحتی که منجر به علائمی مانند حالت تهوع، درد معده، اسهال و استفراغ می شود. ژو و همکاران (۱۲) در یک طرح متقاطع تصادفی به این نتیجه رسیدند که مصرف بی کربنات سدیم با پوشش روده علائم گوارشی را در مقایسه با بی کربنات سدیم عمومی کاهش می دهد. هیلتون و همکاران (۱۴) در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که بی کربنات سدیم محصور در کپسول های با رهش تعویقی علائم دستگاه گوارش را کاهش می دهد. با توجه به اینکه بی کربنات در خنثی سازی اسید معده از بین می رود، دوزهای خوراکی زیاد برای ایجاد افزایش معنادار در خون مورد نیاز است. ناراحتی حاد گوارشی یکی از عوارض جانبی شناخته شده مصرف مقادیر زیاد بی کربنات سدیم است. ناراحتی دستگاه گوارش ممکن است افراد را در استفاده از بی کربنات سدیم، صرف نظر از مزایای بالقوه ارگونومیک یا نیروزا بودن آن باز دارد (۱۲). بی کربنات سدیم در معده به یون سدیم و بی کربنات تجزیه می شود. اگرچه مقدار نسبتاً زیادی از بی کربنات به سرعت توسط یون های هیدروژن در معده خنثی می شود. این فرآیند سبب تولید دی اکسید کربن بی شتری می گردد که اگر بیش از حد باشد، می تواند باعث ناراحتی دستگاه گوارش شود (۳۲). علاوه بر این، مقدار زیاد یون های سدیم مصرف شده، می تواند مخاط روده را تحریک کرده و نوسانات اسمزی را به دنبال داشته باشد که منجر به اسهال می شود (۳۳). به همین دلیل ورزشکارانی که به طور بالقوه از مکمل ها استفاده می کنند، ممکن است در نهایت به دلیل ترس از ناراحتی دستگاه گوارش، به ویژه در نزدیک مسابقات، از مصرف آن منصرف شوند (۱۳). این فرض در مصرف برخی مکمل ها از جمله بی کربنات سدیم وجود دارد که استفاده نامناسب از آن می تواند منجر به اختلالات گوارشی گردد و برای ورزشکار مخصوصاً در سطوح قهرمانی، مشکلات زیادی را بوجود آورد.

رکورد های ثبت شده ۱۵۰۰ متر، بین سه گروه PRL، CAP، PLACE تفاوت معناداری نشان نداد. با این حال میانگین رکورد در گروه CAP در مقایسه با گروه PRL حدود ۱ درصد و در مقایسه با گروه PLACE حدود ۲ درصد بهتر شد. اگر

چه این تفاوت‌ها معنادار نبود ولی در دوی ۱۵۰۰ متر اختلاف قابل توجهی می‌باشد. شواهد زیادی نشان می‌دهند که آلکالوز می‌تواند عملکرد شدید را بهبود دهد. آلکالوز متابولیک با افزایش ظرفیت بافیری برون سلولی، سبب حفظ شیب بالاتر یونی مابین عضله و خون و افزایش جریان لاکتات از سلول عضله گردد (۳۰). محققین معتقدند که کاهش تجمع یون هیدروژن از دلایل بهبود عملکرد می‌باشد. توانایی حفظ عملکرد بالا در ورزش‌های شدید بستگی زیادی به کم کردن تجمع یون هیدروژن دارد. بنابراین آلکالوزی کردن از طریق مکمل بی‌کربنات سدیم در ورزش‌های کوتاه مدت شدید از طریق کاهش دادن یون هیدروژن به بهبود ظرفیت تامپونی بافت منجر می‌گردد (۳۴). بر پایه نتایج بدست آمده استفاده از مکمل‌های غذایی به عنوان منابع انرژی‌زا کارآمد است، زیرا ظهور خستگی را به تعویق می‌اندازد و انقباض عضلات اسکلتی را افزایش می‌دهد، توانایی انجام فعالیت‌های بدنی را بهبود می‌بخشد و در نتیجه عملکرد ورزشی را بهتر می‌کند. از محدودیت‌های پژوهش حاضر عدم کنترل دقیق تغذیه آزمودنی‌ها در روز آزمون بود، اگرچه برنامه غذایی یکسان برای همه توصیه شده بود. همچنین جهت بررسی دقیق‌تر متغیرها تعداد دفعات خونگیری می‌توانست در دوره‌های زمانی متعدد پس از فعالیت بدنی بررسی شود.

مهم‌ترین یافته این تحقیق این بود که استفاده از مکمل‌دهی بی‌کربنات سدیم به روش تعویقی باعث افزایش ذخایر قلیایی بدن دوندگان نیمه‌استقامت می‌گردد. با در نظر گرفتن ظرفیت بافیری برای حذف یون‌های هیدروژن و تأخیر در مهار آنزیم‌های گلیکولیتیک، استفاده از مکمل‌های غذایی می‌تواند یک رویکرد مرتبط برای بهبود عملکرد باشد. در نتیجه، مکمل‌سازی با عوامل قلیایی‌کننده مثل بی‌کربنات سدیم قبل از ورزش می‌تواند اسیدوز متابولیک را که در حین ورزش سنگین رخ می‌دهد را کاهش دهد.

## تشکر و قدردانی

از تمامی آزمودنی‌هایی که در انجام این پژوهش شرکت کرده‌اند تشکر و قدردانی می‌گردد.

## حامی / حامیان مالی

پژوهش حاضر هیچ‌گونه حمایت مالی از سازمان خاصی دریافت نکرده و بر گرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد می‌باشد.

## مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان به طور مساوی در تمام مراحل اجرای این پژوهش مشارکت داشتند.

## تعارض منافع

در این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافی در دست نیست.

## منابع

1. Stellingwerff T, Bovim IM, Whitfield J. Contemporary nutrition interventions to optimize performance in middle-distance runners. International journal of sport nutrition and exercise metabolism. 2019;29(2):106-16.

2. Saedmocheshi S, Zareyan P, Saed L, Karimi S. The Effect of Acute and Chronic Sodium Bicarbonate Supplementation Loading With Exhaustive Work on Performance Indicators and Fatigue of Soldiers. *Journal of Military Medicine*. 2022;19(5):476-84. [In Persian]
3. Hargreaves M, Spriet LL. Skeletal muscle energy metabolism during exercise. *Nature Metabolism*. 2020;2(9):817-28.
4. Morales-Alamo D, Guerra B, Santana A, Martin-Rincon M, Gelabert-Rebato M, Dorado C, et al. Skeletal muscle pyruvate dehydrogenase phosphorylation and lactate accumulation during sprint exercise in normoxia and severe acute hypoxia: effects of antioxidants. *Frontiers in physiology*. 2018;9:188.
5. Debold EP, Fitts RH, Sundberg CW, Nosek TM. Muscle fatigue from the perspective of a single crossbridge. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2016.
6. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM, et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2018;28(2):104-25.
7. Tipton KD, van Loon LJ. *Nutritional coaching strategy to modulate training efficiency*: Karger Medical and Scientific Publishers; 2013.
8. Chidnok W, Dimenna FJ, Bailey SJ, Vanhatalo A, Morton RH, Wilkerson DP, et al. Exercise tolerance in intermittent cycling: application of the critical power concept. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2012;44(5):966-76.
9. Jubrias SA, Crowther GJ, Shankland EG, Gronka RK, Conley KE. Acidosis inhibits oxidative phosphorylation in contracting human skeletal muscle in vivo. *The Journal of physiology*. 2003;553(2):589-99.
10. Saunders B, Sale C, Harris RC, Sunderland C. Sodium bicarbonate and high-intensity-cycling capacity: variability in responses. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2014;. ۶۲۷-۳۲:(۴)<sup>۹</sup>
11. Burke LM, Pyne DB. Bicarbonate loading to enhance training and competitive performance. *International journal of sports physiology and performance*. 2007;2(1):93-7.
12. Zhou N, Fan Y, Wang X, Wang J, Wu H. Acute enteric-coated sodium bicarbonate has negligible effect on anaerobic performance but affects metabolomics and attenuates the gastrointestinal response. *Frontiers in Physiology*. 2022;2203.
13. McKay AK, Peeling P, Binnie MJ, Goods PS, Sim M, Cross R, et al. Topical sodium bicarbonate: no improvement in blood buffering capacity or exercise performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2020;15(7):1005-11.
14. Hilton NP, Leach NK, Sparks SA, Gough LA, Craig MM, Deb SK, et al. A novel ingestion strategy for sodium bicarbonate supplementation in a delayed-release form: a randomised crossover study in trained males. *Sports medicine-open*. 2019;5(1):1-8.
15. Siegler JC, Marshall PW, Bray J, Towlson C. Sodium bicarbonate supplementation and ingestion timing: does it matter? *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2012;26(7):1953-8.
16. Christensen PM, Shirai Y, Ritz C, Nordborg NB. Caffeine and bicarbonate for speed. A meta-analysis of legal supplements potential for improving intense endurance exercise performance. *Frontiers in physiology*. 2017;8:240.
17. Gholami M, Hafezi Eirdmoussa M, Ghasem Shoar S, Abednatanzi H. Effect of sodium bicarbonate and beta-alanine supplementation on anaerobic capacity and blood lactate level of female futsal players. *Researches in Sport Sciences and Medical Plants*. 2022;3(8):11-1. [In Persian]

18. Labus JS, Bolus R, Chang L, Wiklund I, Naesdal J, Mayer E, et al. The Visceral Sensitivity Index: development and validation of a gastrointestinal symptom-specific anxiety scale. 2004;20(1):89.<sup>٩٧-</sup>
19. Derave W, Everaert I, Beeckman S, Baguet A. Muscle carnosine metabolism and  $\beta$ -alanine supplementation in relation to exercise and training. *Sports medicine*. 2010;40(3):247-63.
20. Kerksick C. ISSN exercise & sports nutrition review update: Re. 20.<sup>١٨</sup>
21. Heibel AB, Perim PH, Oliveira LF, McNaughton LR, Saunders B. Time to optimize supplementation: modifying factors influencing the individual responses to extracellular buffering agents. *Frontiers in nutrition*. 2018;5:35.
22. Grgic J, Rodriguez RF, Garofolini A, Saunders B, Bishop DJ, Schoenfeld BJ, et al. Effects of sodium bicarbonate supplementation on muscular strength and endurance: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*. 2020;50:1361-75.
23. Carr AJ, Slater GJ, Gore CJ, Dawson B, Burke LM. Effect of sodium bicarbonate on  $[\text{HCO}_3^-]$ , pH, and gastrointestinal symptoms. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2011;21(3):189-94.
24. Siegler JC, Marshall PW, Bishop D, Shaw G, Green S. Mechanistic insights into the efficacy of sodium bicarbonate supplementation to improve athletic performance. *Sports Medicine-Open*. 2016;2(1):1-13.
25. Street D, Nielsen JJ, Bangsbo J, Juel C. Metabolic alkalosis reduces exercise-induced acidosis and potassium accumulation in human skeletal muscle interstitium. *The Journal of physiology*. 2005;566(2):481-9.
26. de Oliveira LF, Saunders B, Artioli GG. Is bypassing the stomach a means to optimize sodium bicarbonate supplementation? A case study with a postbariatric surgery individual. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2018;28(6):660-3.
27. Ferreira LH, Smolarek AC, Chilibeck PD, Barros MP, McAnulty SR, Schoenfeld BJ, et al. High doses of sodium bicarbonate increase lactate levels and delay exhaustion in a cycling performance test. *Nutrition*. 2019;60:94-9.
28. Freis T, Hecksteden A, Such U, Meyer T. Effect of sodium bicarbonate on prolonged running performance: A randomized, double-blind, cross-over study. *PloS one*. 2017;12(8):e0182158.
29. Opitz D, Lenzen E, Opiolka A, Redmann M, Hellmich M, Bloch W, et al. Endurance training alters basal erythrocyte MCT-1 contents and affects the lactate distribution between plasma and red blood cells in T2DM men following maximal exercise. *Canadian journal of physiology and pharmacology*. 2015;93(6):413-9.
30. Black MI, Jones AM, Blackwell JR, Bailey SJ, Wylie LJ, McDonagh ST, et al. Muscle metabolic and neuromuscular determinants of fatigue during cycling in different exercise intensity domains. *Journal of Applied Physiology*. 2017;122(3):446-59.
31. Eshaghian A, Gaeini AA, Ravasi AA. Effects of acute Sodium Bicarbonate supplementation on anaerobic performance and lactate response of healthy trained men. *journal of motor and behavioral sciences*. 2020;3(3):313-9. [In Persian]
32. Halz M, Kaszuba M, Helbin J, Krzysztofik S, Suchanecka A, Zajac A. Beta-alanine supplementation and anaerobic performance in highly trained judo athletes. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*. 2022;14(2):1.
33. Kahle LE, Kelly PV, Eliot KA, Weiss EP. Acute sodium bicarbonate loading has negligible effects on resting and exercise blood pressure but causes gastrointestinal distress. *Nutrition Research*. 2013;33(6):479-86.

34. Gunnarsson TP, Brandt N, Fiorenza M, Hostrup M, Pilegaard H, Bangsbo J. Inclusion of sprints in moderate intensity continuous training leads to muscle oxidative adaptations in trained individuals. *Physiological reports*. 2019;7(4):e13976.

نسخه پیش انتشار