Journal of Sport and Exercise Physiology
2025, 18(1): 34-48

Orginal Article

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

Roghayeh Fakhrpour[1*], Ata Asadi[1], Davar Rezaeimanesh[2]

[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 in 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 conditioning program 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 and blood lactate levels in middle distance runners.

Materials and Methods: Twenty-four athletes (age, 22.75 ± 4.24 years; height, 173.3 ± 5.68 cm; weight, 63.3 ± 3.61) who trained regularly and had a minimum of two years of training experience took part in this study, voluntarily. 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). Lactate, bicarbonate, blood pH, digestive discomfort questionnaire, and the record for 1500 m run test were measured. Blood samples were taken 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 statistically 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 $p \leq 0.05$.

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

* Corresponding Author's E-mail: fakhrpour@azaruniv.ac.ir
https://doi.org/10.48308/joeppa.2024.237174.1300
Received: 09/10/2024 Revised: 08/11/2024 Accepted: 09/11/2024

Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

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. Since one of the main causes of fatigue in intense training is the decrease in intracellular pH through the increase in lactic acid production, 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: Alkalosis, Sodium bicarbonate, Performance, Lactate, PH

How to cite this article: Fakhrpour R, Asadi A, Rezaeimanesh D. Comparison of Local Supplementation and Delayed Release of Sodium Bicarbonate on Serum Levels of Bicarbonate and Blood Lactate in Middle Distance Runners. J Sport Exerc Physiol. 2025;18(1):34-48.

نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی
۱۴۰۴، دوره ۱۸، شماره ۱، صفحه‌های ۳۴-۴۸

مقاله پژوهشی

مقایسهٔ مکمل‌دهی موضعی و رهش تعویقی بی‌کربنات سدیم بر سطوح سرمی بی‌کربنات و لاکتات خون در دوندگان نیمه‌استقامت

رقیه فخرپور[1*]، عطا اسدی[1]، داور رضایی‌منش[2]

[1] گروه علوم ورزشی، دانشکدهٔ علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران
[2] گروه عمومی و علوم پایه، دانشکدهٔ اقتصاد و مدیریت، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ایران

چکیده

زمینه و هدف: بررسی عوامل مؤثر در افزایش کارایی و عملکرد ورزشکاران، موضوعی است که علاقهٔ مربیان و ورزشکاران را به خود جلب کرده است. به همین سبب، افزون بر تمرین دورهٔ آماده‌سازی، از راهکارهای گوناگونی برای رساندن ورزشکاران به اوج عملکرد از جمله استفاده از مکمل‌ها، بهره می‌گیرند. ازاین‌رو هدف از پژوهش حاضر بررسی مقایسهٔ مکمل‌دهی موضعی و رهش تعویقی بی‌کربنات سدیم بر سطوح سرمی بی‌کربنات و لاکتات خون در دوندگان نیمه‌استقامت بود.

مواد و روش‌ها: ۲۴ ورزشکار با (میانگین سنی، ۴/۲۴±۲۲/۷۵ سال؛ قد، ۵/۶۸±۱۷۳/۳ سانتی‌متر و وزن، ۳/۶۱±۶۳/۳ کیلوگرم) که به‌طور منظم تمرین می‌کردند و دست‌کم دو سال پیشینهٔ ورزشی داشتند، داوطلبانه در پژوهش حاضر شرکت کردند. آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی به سه گروه بی‌کربنات سدیم محصور در کپسول‌های رهش تعویقی (CAP)، بی‌کربنات سدیم موضعی (PRL) و گروه مصرف دارونما (Place) تقسیم شدند. متغیرهای لاکتات، بی‌کربنات، PH خون و پرسشنامهٔ ناراحتی گوارشی و رکورد ۱۵۰۰متر اندازه‌گیری شد. نمونه‌گیری خون در سه مرحله، استراحت، پس از دریافت مکمل یا دارونما و دو دقیقه پس از دوی ۱۵۰۰متر توسط کارشناس آزمایشگاه انجام پذیرفت و به‌وسیلهٔ دستگاه تحلیل گاز خون ارزیابی شد. برای تجزیه وتحلیل داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس اندازه‌گیری‌های مکرر ۳×۳، آزمون تعقیبی بنفرونی و آنوای یکراهه در سطح معناداری $p \leq ۰/۰۵$ استفاده شد.

نتایج: یافته‌های پژوهش نشان داد که تغییرات PH در سه گروه PRL، CAP 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<۰/۰۵). همچنین نتایج نشان داد تغییرات بی‌کربنات در گروه CAP در مقایسه با گروه PRL و Place معنادار بود (P<۰/۰۵). به‌طوری‌که در گروه CAP پس از دریافت مکمل مقادیر بی‌کربنات به‌طور معناداری افزایش یافت. در پی مصرف بی‌کربنات سدیم موضعی و کپسول‌های رهش تعویقی بی‌کربنات سدیم سطوح لاکتات استراحتی و رکورد ۱۵۰۰ متر در سه گروه تغییر معناداری نداشت (P>۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: بر پایهٔ نتایج به‌دست‌آمده ذخایر قلیایی بدن از طریق مکمل‌دهی بی‌کربنات سدیم به روش رهش تعویقی قابل افزایش است. با توجه به اینکه یکی از علت‌های اصلی خستگی در تمرین شدید، کاهش PH درون‌سلولی به‌دنبال افزایش تولید اسید لاکتیک است. بنابراین استفاده از مکمل‌دهی بی‌کربنات سدیم در کپسول‌های رهش تعویقی می‌تواند تأثیر معنادار و مثبتی بر PH خون در دوندگان نیمه‌استقامت داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: آلکالوز، بی‌کربنات سدیم، عملکرد، لاکتات، PH

نحوه استناد به این مقاله: فخرپور ر، اسدی ع، رضایی‌منش د. مقایسهٔ مکمل‌دهی موضعی و رهش تعویقی بی‌کربنات سدیم بر سطوح سرمی بی‌کربنات و لاکتات خون در دوندگان نیمه‌استقامت. نشریهٔ فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی.۱۴۰۴؛۱۸(۱):۳۴-۴۸.

* رایانامه نویسنده مسئول: fakhrpour@azaruniv.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۱۸ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۸/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۱۹

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، افزون بر تمرین دورهٔ آماده‌سازی، از راهکارهای گوناگونی 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 تمرین و پیش از مسابقه، برای بهبود عملکرد ورزشکاران از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (۱).

فعالیت ماهیچه‌ای شدید ممکن است موجب تغییر PH درون سلولی شود، به‌طوری‌که در آغاز فعالیت، به‌دلیل کاتابولیسم کراتین فسفات، حالت قلیایی ایجاد شده و در ادامه با شدت یافتن گلیکولیز، فضای اسیدی حاکم می‌شود (۲). موفقیت در دوهای نیمه‌استقامت به سهم یکپارچهٔ متغیرهای هوازی و بی‌هوازی بستگی دارد که به دونده اجازه می‌دهد تا سرعت خود را در طول مسابقه حفظ کند. بر همین پایه دوندگان نیمه‌استقامت باید دستگاه هوازی خود را مانند دونده‌های ماراتن ارتقا دهند و همزمان از ظرفیت‌های بی‌هوازی بالایی برخوردار باشند (۳).

تمرین‌های مکرر با شدت بالا، انباشت کاتیون‌های هیدروژن (H^+) را افزایش می‌دهد. کاتیون‌های هیدروژن محصول جانبی سوخت‌وساز بی‌هوازی هستند و نقش مهمی در خستگی محیطی دارند. پژوهش‌های پیشین تأیید می‌کنند که انباشت یون‌های هیدروژن و لاکتات با تأثیر بر ماهیچه‌های و دستگاه عصبی مرکزی به اختلال در عملکرد ورزشی در ورزشکاران منجر می‌شود (۴). افزون بر این، انباشت مقادیر زیادی اسید لاکتیک در ماهیچه‌های هنگام اجرای تمرین شدید سبب فشار اکسایشی بیشتر شده و به آسیب بیش‌ازحد ماهیچه‌ای منجر می‌شود. افزایش میزان اسید لاکتیک ماهیچه بسیاری از روندهای سوخت‌وسازی درون ماهیچه‌ای از جمله فعالیت فسفوفروکتوکیناز را دچار اختلال می‌کند که پیامد آن کاهش تولید ATP[1] و خستگی زودرس ماهیچه، با وجود زیاد بودن ذخایر گلیکوژن است (۵).

یکی از مهم‌ترین راه‌حل‌ها که برای مقابله با این مشکل به‌کار گرفته می‌شود، مصرف مواد کمکی نیروزا مانند کافئین، کراتین، نیترات، بتاآلانین و بی‌کربنات‌سدیم است. بی‌کربنات یکی از نخستین مکمل‌ها برای حفظ تعادل اسید و باز هنگام فعالیت ورزشی و همچنین یک الکترولیت بسیار مهم برای عملکرد عصبی ماهیچه‌ای بهینه است (۶). بی‌کربنات سدیم[2] یک یون منفی خارج‌سلولی است که نقش مهمی در حفظ PH و شیب الکترولیت‌ها بین محیط داخل و خارج‌سلولی بازی می‌کند (۷). عملکرد اصلی بی‌کربنات سدیم خنثی کردن یون‌های هیدروژن برای تشکیل دی‌اکسیدکربن و آب و باز گرداندن محیط درون‌سلولی به PH معین حدود ۷/۳۵ است و بدین طریق سبب افزایش ظرفیت تامپونی خون می‌شود (۸).

گردش بالای ATP ماهیچهٔ اسکلتی، که طی تمرین شدید دیده می‌شود، تولید یون هیدروژن را افزایش می‌دهد و به اسیدوز ماهیچه‌ای منجر می‌شود. اسیدوز سوخت‌وسازی 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 به‌طور مستقیم مانع از ظرفیت انقباض ماهیچه می‌شود. بدن چندین دستگاه درون‌زا برای کنترل هومئوستاز (ترازمندی

زیستی) PH دارد. این تعادل از طریق بافرهای درون‌سلولی و خارج‌سلولی حفظ می‌شود که می‌توانند یون‌های هیدروژن را بپذیرند یا آزاد کنند تا از تغییرات شدید PH جلوگیری کنند (۴).

در زمینهٔ اثر دریافت مکمل بی‌کربنات سدیم بر عملکرد ورزشی، پژوهش‌های فراوانی انجام گرفته و گزارش‌هایی مبنی بر افزایش هر دو ظرفیت بافری و PH برون‌سلولی وجود دارد. همچنین یافته‌های بسیار روشنی وجود دارد که نشان می‌دهد بارگیری بی‌کربنات، در جلوگیری از بروز خستگی ناشی از PH پایین، مؤثر است (۶). ساندرز و همکاران آزمون ظرفیت عملکردی با آزمون دوچرخه را روی ۲۱ مرد انجام دادند. شرکت‌کنندگان ۰/۳گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن بی‌کربنات‌سدیم یا دارونما (مالتودکسترین) مصرف کردند. PH خون، بی‌کربنات و لاکتات در ابتدا، پیش از تمرین، بلافاصله پس از تمرین و پنج 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 خنثی‌سازی اسید معده از بین می‌رود، دوزهای خوراکی زیاد برای افزایش معنادار سطح آن در خون مورد نیاز است (۱۱). ناراحتی حاد گوارشی یکی از عوارض جانبی دریافت بیش از اندازهٔ بی‌کربنات سدیم است. به همین دلیل شاید افراد را از استفاده از بی‌کربنات سدیم صرف‌نظر از مزایای بالقوه ارگوژنیک یا نیروزا بودن آن باز دارد. به همین منظور، روش‌های تجویز دیگری که دستگاه گوارش را دور بزند، به‌کار گرفته می‌شود. یکی از آنها بی‌کربنات سدیم موضعی[۳] است. در این روش بی‌کربنات سدیم را به‌طور مستقیم 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 ماهیچه است (۱۲). این عامل می‌تواند پیشرفت خستگی را در طول جلسات تمرینی و مسابقات با شدت بالا کاهش دهد، در نتیجه سبب می‌شود تمرین با کیفیت بالا و حفظ عملکرد در طول مسابقه انجام شود. دوم، این مکمل می‌تواند احساس درد ماهیچه‌ای پس از ورزش را کاهش دهد. به این معنا که بی‌کربنات سدیم شاید التهاب و ادم یا تورم پس از تمرین را کاهش دهد و به ورزشکاران این امکان را می‌دهد که به‌طور مؤثرتری بازیافت کنند. تنها یک پژوهش دربارهٔ 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 است که بی‌کربنات سدیم در آن محصور شده است (۱۴). ترکیبات پوشش‌داده‌شده با پلیمر می‌توانند در برابر تخریب معده مقاومت کنند (۱۵). هیدروکسی پروپیل متیل (HPMC[4]) 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 به‌سرعت انجام شود. از آنجایی که دیسترس[۵] (درد و آزردگی) دستگاه گوارش تا حدی به تخریب در معده نسبت داده می‌شود، بیان شده است که کپسول‌های مقاوم به معده شاید علائم و ناراحتی‌هایی را که با مصرف بی‌کربنات سدیم معمول مشاهده می‌شوند، کاهش دهد (۱۶). با توجه به اینکه در این روش، بی‌کربنات کمتری در معده از دست می‌رود، احتمالاً دوزهای کوچک‌تر شاید تغییرات اسیدی-بازی قابل مقایسه

با دوزهای بزرگ‌تر ایجاد کند. هیچ پژوهشی 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 شاید 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، بر آن شدیم پژوهشی در خصوص دو روش بارگیری بی‌کربنات سدیم (مقایسهٔ مکمل‌دهی موضعی و رهش تعویقی بی‌کربنات سدیم بر سطوح سرمی بی‌کربنات سدیم و لاکتات خون در دوندگان نیمه‌استقامت) انجام دهیم. بنابراین، هدف از این پژوهش مقایسهٔ مکمل‌دهی موضعی و رهش تعویقی بی‌کربنات سدیم بر سطوح سرمی PH، بی‌کربنات و لاکتات خون در دوندگان نیمه‌استقامت بود.

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش: این پژوهش از نوع نیمه‌تجربی به‌صورت تقابل تصادفی گروه مداخله و گروه کنترل بود. از بین دونده‌های نیمه‌استقامت استان آذربایجان شرقی ۲۴ نفر با دامنهٔ سنی ۱۸-۲۸ سال به‌صورت داوطلبانه انتخاب شدند. روش نمونه‌گیری به‌صورت هدفدار و در دسترس با استفاده از فراخوان عمومی صورت گرفت. اندازهٔ نمونه با در نظر گرفتن آزمون آماری، اندازهٔ اثر ۰/۶، مقدار آلفای ۰/۰۵، توان آزمون ۰/۸، تعداد گروه‌ها و با احتساب حدود ۲۰ درصد تغییر در متغیرهای موردنظر با استفاده از نرم‌افزار جی پاور، ۲۴ نفر تعیین شد. معیارهای ورود به پژوهش شامل سالم بودن و نداشتن پیشینه مصرف داروهای اثرگذار بر متغیرها، مصرف نکردن دخانیات، نداشتن سابقهٔ اختلالات خواب، دست‌کم دو سال پیشینهٔ ورزشی و تمایل به شرکت در پژوهش بود. افراد نمونه از پزشک متخصص مجوز شرکت در فعالیت ورزشی را دریافت کردند.

آزمودنی‌ها با استفاده از نرم‌افزار RAS[۶] از طریق مسدودسازی طبقه‌بندی در سه گروه هشت‌نفره دریافت‌کنندهٔ کپسول خوراکی[۷](CAP)، دریافت‌کنندهٔ لوسیون[۸](PRL) و دارونما با نسبت تخصیص ۱: ۱: ۱ دسته‌بندی شدند. به‌منظور کورسازی، نوع مداخله بر پایهٔ توالی تصادفی توسط شخص غیر درگیر در پژوهش روی کاغذ نوشته شد و در پاکت سربسته به‌ترتیب با شمارهٔ ۱ تا N قرار گرفت.

روش اجرای پژوهش: در آغاز از آزمودنی‌ها دعوت به‌عمل آمد تا در یک جلسهٔ توجیهی آشنایی با مراحل پژوهش شرکت کنند. در این جلسه آزمودنی‌ها با نحوهٔ انجام برنامه‌های اجرایی پژوهش آشنا شدند و برگه‌های رضایت‌نامهٔ شرکت در پژوهش را تکمیل کردند. در روز آزمون از تمام آزمودنی‌ها برای حضور در محل آزمایشگاه و پیست اجرای دوی ۱۵۰۰ متر دعوت به‌عمل آمد. در آزمایشگاه پس از اینکه آزمودنی‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در وضعیت نشسته استراحت کردند، به‌منظور تعیین سطوح پایهٔ PH، لاکتات و بی‌کربنات دو میلی‌لیتر خون از ورید جلوبازویی توسط متخصص آزمایشگاه گرفته شد. سپس تمام آزمودنی‌ها پرسشنامهٔ ناراحتی گوارشی[۹](GI) را تکمیل کردند. ۹۰ دقیقه پیش از اجرای دو گروه CAP کپسول خوراکی بی‌کربنات سدیم با رهش تعویقی، گروه‌های PRL و Place پلاسبو خوراکی (۰/۳ گرم/کیلوگرم وزن بدن) دکستروز محصورشده در کپسول‌های ژلاتین را دریافت کردند. ۶۰ دقیقه پیش از اجرای دو گروه PRL لوسیون PR موضعی، گروه‌های CAP و place لوسیون همسان با دارونما (کرم مرطوب‌کننده) را

دریافت کردند. در ادامه و ۳۰ دقیقه پیش از دوی ۱۵۰۰ متر نمونه‌های خونی دوم با همان شرایط از آزمودنی‌ها گرفته شد. سپس آزمودنی‌ها مجدداً پرسشنامهٔ ناراحتی گوارشی را تکمیل کردند.

از یک روش مشترک گرم کردن عمومی ویژهٔ دوندگان شامل هشت دقیقه دویدن با سرعت ۱۰ کیلومتر بر ساعت روی نوار گردان و سپس به مدت سه دقیقه اجرای حرکات کششی (گروه ماهیچه‌های چهارسر، همسترینگ و کمربند شانه‌ای و ماهیچه‌های پشتی و سینه‌ای، دوسر و سه‌سر بازویی) و چند استارت کوتاه استفاده شد. برای اجرای دوی ۱۵۰۰ متر، آمودنی‌ها به‌طور تصادفی در گروه‌های چهارنفره تقسیم شدند، ترتیب استقرار آزمودنی‌ها روی لاین‌های پیست در استارت، در هر گروه به‌صورت تصادفی تعیین شد. دو دقیقه بعد از اجرای دوی ۱۵۰۰ متر نمونهٔ خونی سوم گرفته شد.

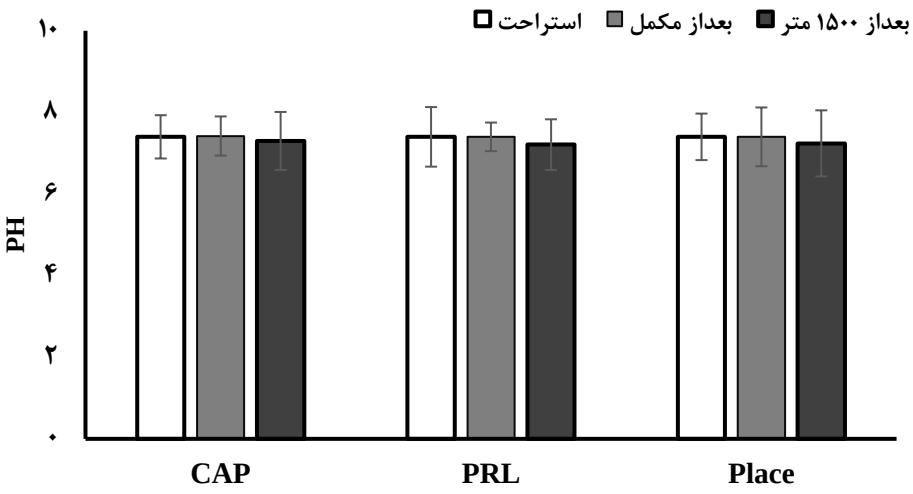
روش‌های آزمایشگاهی: نمونه‌های خونی با سرنگ هپارینه جمع‌آوری شد و بلافاصله به آزمایشگاه تشخیص طبی انتقال یافت. نمونه‌ها با دستگاه بلاد گاز آنالایزر (iSTAT; Abbott, Chicago, IL)، ساخت آمریکا ارزیابی شد.

تحلیل آماری: از آزمون شاپیرو- ویلک به‌منظور تعیین وضعیت طبیعی توزیع داده‌ها استفاده شد. برای بررسی برابری همگنی واریانس‌ها از آزمون لوون و برای محاسبهٔ شاخص‌های مرکزی و پراکندگی از آمار توصیفی استفاده شد. پس از اطمینان از طبیعی بودن داده‌ها، به‌منظور مشاهدهٔ تأثیر متغیرهای مستقل بر متغیرهای وابسته (لاکتات و PH و بی‌کربنات خون) از آزمون تحلیل واریانس اندازه‌گیری‌های مکرر ۳×۳ استفاده شد. به‌منظور مشاهدهٔ مکان تفاوت‌ها از آزمون بنفرونی استفاده شد. از آزمون آنوای یکطرفه به‌منظور مشاهدهٔ تفاوت‌های سه گروه در متغیرهای وابستهٔ عملکردی (رکورد ۱۵۰۰ متر) و پرسشنامهٔ ناراحتی گوارشی استفاده شد. این پرسشنامهٔ ۱۵ سؤالی توسط لاباس و همکاران تهیه شده است و برای اندازه‌گیری نشانگان ویژهٔ حساسیت گوارشی استفاده می‌شود. روایی این پرسشنامه توسط سازندگان 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≤۰/۰۵ و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۴ انجام گرفت.

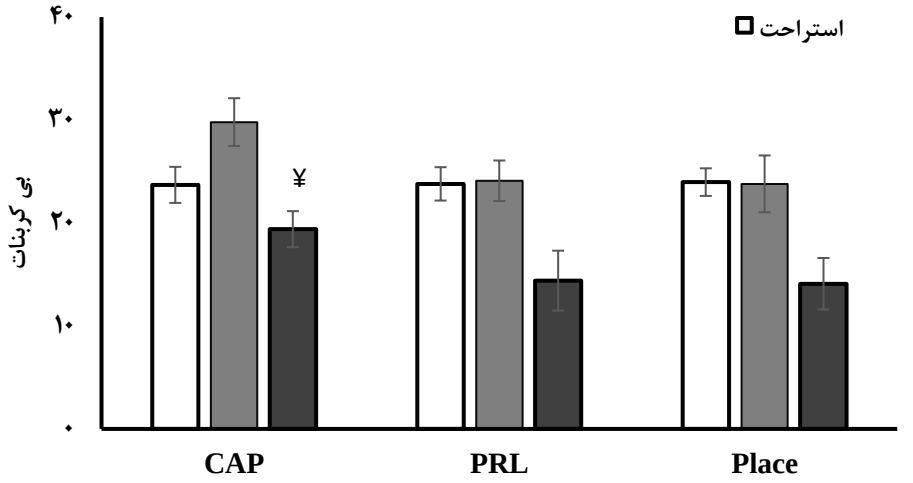
نتایج

بر پایهٔ نتایج آزمون شاپیرو-ویلک، توزیع داده‌ها در همهٔ متغیرها در سه گروه طبیعی بود. همگونی واریانس‌ها نیز با آزمون لوون بررسی شد.

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<۰/۰۵). همچنین اثر تفاوت‌های گروهی بدون توجه به اثر مراحل معنادار است (P<۰/۰۵). نتایج تحلیل واریانس مقادیر PH خون و بی‌کربنات حاکی است که بین مراحل اندازه‌گیری و تفاوت‌های گروهی اثر تعاملی وجود دارد (P<۰/۰۵). 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<۰/۰۵) (جدول ۱). به‌عبارت دیگر مکمل‌دهی بی‌کربنات سدیم در کپسول‌های رهش تعویقی تأثیر معنادار بر PH خون دوندگان نیمه‌استقامت دارد.



شکل ۱. میانگین (± خطای معیار) PH استراحت، پیش از مکمل و پس از ۱۵۰۰ متر در سه گروه



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

دربارۀ لاکتات نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های مکرر دوطرفه نشان داد که اثر مراحل اندازه‌گیری بدون در نظر گرفتن عامل گروه معنادار است (P<۰/۰۵)، ولی اثر تفاوت‌های گروهی بدون توجه به اثر مراحل معنادار نیست (P>۰/۰۵). نتایج تحلیل واریانس مقادیر لاکتات نشان داد بین مراحل اندازه‌گیری و تفاوت‌های گروهی اثر تعاملی وجود ندارد (P>۰/۰۵) (جدول.۱).

آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های مکرر دوطرفه در خصوص ناراحتی گوارش حاکی است که اثر مراحل اندازه‌گیری بدون در نظر گرفتن عامل گروه (P<۰/۰۵) و تفاوت‌های گروهی بدون توجه به اثر مراحل معنادار است (P<۰/۰۵). نتایج تحلیل واریانس داده‌های ناراحتی گوارش نشان داد بین مراحل اندازه‌گیری و تفاوت‌های گروهی اثر تعاملی وجود دارد (P<۰/۰۵). آزمون تعقیبی بنفرونی نشان داد که تغییرات نمرات ناراحتی گوارش در هیچ‌یک از گروه‌ها معنادار نبود (P>۰/۰۵) (جدول. ۱).

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

متغیر	منبع تغییر	مجموع مجذورات	درجهٔ 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
بی‌کربنات	مراحل اندازه‌گیری	۷۳۵/۶	۱	۷۳۵/۶	۵۴۹/۴۴۳	۰/۰۰۱
(میلی‌مول/ لیتر)	تفاوت‌های گروهی	۲۰۳/۵	۲	۱۰۱/۷	۳۴/۵۴۶	۰/۰۰۱
	اثر تعامل	۷۵/۵	۲	۳۷/۵	۲۸/۲۱۴	۰/۰۰۱
لاکتات	مراحل اندازه‌گیری	۲۸۸۰/۲	۱	۲۸۸۰/۲	۲۸۳۴/۱۹۲	۰/۰۰۱
(میلی‌مول/ لیتر)	تفاوت‌های گروهی	۰/۰۸۶	۲	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۹۵۸
	اثر تعامل	۰/۰۱	۱	۰/۰۰۷	۰/۰۱۱	۰/۹۸۹
ناراحتی گوارش	مراحل اندازه‌گیری	۱۱/۸	۱	۱۱/۸	۱۱۵/۹۳۸	۰/۰۰۱
	تفاوت‌های گروهی	۰/۸۸۲	۲	۰/۴۴۱	۴/۳۳۱	۰/۰۲۷
	اثر تعامل	۰/۸۸۲	۲	۰/۴۴۱	۴/۳۳۱	۰/۰۲۷

تحلیل واریانس آنوای یکطرفه نشان داد که در رکورد ۱۵۰۰متر بین سه گروه تفاوت معناداری وجود ندارد (P>۰/۰۵)، (جدول ۲). با این همه، اختلاف میانگین رکورد گروه CAP با گروه دارونما، ۴/۳۴ثانیه بود. هرچند این اختلاف معنادار نبود، ولی در دوی ۱۵۰۰متر اختلاف چشمگیری است.

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

منبع تغییر	مجموع مجذورات	درجهٔ آزادی	میانگین مجذورات	مقدار F	مقدارP
تفاوت‌های بین‌گروهی	۷۵/۶۳۹	۲	۳۷/۸۲۰	۱/۲۴۲	۰/۳۰۹
تفاوت‌های درون‌گروهی	۶۳۹/۳۷۱	۲۱	۳۰/۴۴۶		

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که اثر مراحل اندازه‌گیری بدون توجه به عامل گروه و اثر تفاوت‌های گروهی بدون توجه به اثر مراحل در متغیرهای PH خون و بی‌کربنات معنادار است. همچنین نتایج تحلیل واریانس مقادیر PH خون و بی‌کربنات حاکی است که بین مراحل اندازه‌گیری و تفاوت‌های گروهی اثر تعاملی وجود دارد. درحالی‌که در متغیر لاکتات خون اثر مراحل اندازه‌گیری بدون توجه به عامل گروه معنادار بود، اما اثر تفاوت‌های گروهی بدون توجه به اثر مراحل معنادار نبود. افزون بر این، نتایج تحلیل واریانس این متغیر حاکی است که بین مراحل اندازه‌گیری و تفاوت‌های گروهی اثر تعاملی وجود ندارد. با وجود بهبود رکورد ۱۵۰۰متر در گروه‌های PRL و CAP نسبت به گروه CON اما این تفاوت‌ها معنادار نبود. در خصوص ناراحتی گوارشی اثر مراحل اندازه‌گیری بدون توجه به عامل گروه و اثر تفاوت‌های گروهی بدون توجه به مراحل معنادار و بین مراحل اندازه‌گیری و تفاوت‌های گروهی اثر تعاملی وجود داشت.

یکـی از علت‌های اصلی خستگی در تمرین شدید، کاهش PH درون‌سلولی است. یافته‌های این پژوهش نشان داد که PH در سه مرحله و در سه گروه PRL، CAPو Place رفتار متفاوتی را از خود نشان می‌دهد، نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی 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 دیده نشد.

بر پایهٔ این نتایج مکمل‌دهی بی‌کربنات‌سدیم در کپسول‌های رهش تعویقی تأثیر معناداری بر PH خون دوندگان نیمه‌استقامت دارد، ولی این تغییرات در گروه بی‌کربنات سدیم موضعی معنادار نبود، یافته‌های این پژوهش در خصوص رهش تعویقی با نتایج هیلتون و همکاران (۱۴) و در خصوص روش موضعی با مک کی و همکاران (۱۳) همسو بود. اعتقاد بر این است که افزایش اسیدیتهٔ داخل ماهیچه‌ای در فعالیت بدنی با شدت بالا، خستگی ماهیچه‌های اسکلتی را افزایش می‌دهد. عوامل زیادی به خستگی هنگام فعالیت بدنی منجر می‌شود. این عوامل شامل عوامل خستگی محیطی و مرکزی مانند انباشت اسید لاکتیک، تحویل اکسیژن، کاهش بستر درون‌ماهیچه‌ای، جذب واحد حرکتی، کاهش در دامنهٔ حرکتی و انگیزهٔ کلی می‌شود (۱۷). وقتی ظرفیت بافر درون‌سلولی از حدی فراتر رود، یون‌های هیدروژن و اسید لاکتیک در خون پخش شده و موجب افت PH خارج‌سلولی می‌شوند. هنگامی‌که این اتفاق می‌افتد، یون‌های بی‌کربنات آزاد می‌شوند تا با یون‌های هیدروژن متصل شوند و اسید کربنیک ایجاد کنند. این اثر «بافر» اجازه می‌دهد تا حالت قلیایی بیشتری برقرار شود و عملکرد ورزشی افزایش یابد (۱۹). با توجه به آنچه گفتیم، انتظار می‌رود دریافت مکمل بی‌کربنات سدیم PH خون و فرایند تامپون اسید لاکتیک تولیدشده را افزایش دهد. با این همه هیچ تفاوتی در وضعیت PH بین لوسیون PR و گروه دارونما دیده نشد. یافته‌های ما نشان می‌دهد که کاربرد بی‌کربنات سدیم موضعی در مقادیر تجویزشده، در گردش خون نمایان نشده است. این در حالی است که دریافت مکمل بی‌کربنات‌سدیم در گروه CAP، PH استراحتی را افزایش داد. پس از اجرای دوی ۱۵۰۰متر، PHخون در هر سه گروه کاهش یافت. ولی این کاهش در گروه CAP کمتر بود. به بیان دیگر، دریافت مکمل بی‌کربنات سدیم در گروه CAP، کاهش PH خون را بعد فعالیت تعدیل کرده بود. به‌نظر می‌رسد که القای آلکالوز سوخت‌وسازی، افزایش ناچیزی در جذب یون هیدروژن در ماهیچهٔ 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 شود. بر پایهٔ نتایج پژوهش‌های موگان و همکاران (۲۰۱۸) و کرکسیک (۲۰۱۸) مکمل بی‌کربنات سدیم، غلظت بی‌کربنات خارج سلول را افزایش می‌دهد و سبب آلکالوز (قلیایی شدن) خون می‌شود (۶، ۲۰). به‌دلیل شیب بیشتر PH بین سلول‌های ماهیچه‌ای و مایعات خارج‌سلولی، H^+ تولیدشده هنگام ورزش با سهولت بیشتری منتقل می‌شود و به جریان بیشتر H^+ و لاکتات از ماهیچه در حال فعالیت می‌انجامد. این روند سازوکار حمایتی دیگری در برابر کاهش درون‌سلولی و انباشت لاکتات را فراهم می‌سازد. ازاین‌رو افزایش در ظرفیت بافری با استفاده از مکمل بی‌کربنات سدیم می‌تواند سبب انقباض ماهیچه‌ای طی فعالیت شدید شود و خستگی را به تأخیر بیندازد (۲۱).

بر پایهٔ نتایج این پژوهش، تغییرات بی‌کربنات در گروه CAP به‌طور چشمگیری (در حدود شش میلی‌مول در لیتر) در مقایسه با گروه Place و PRL **افزایش** معنادار داشت. همچنین مقادیر بی‌کربنات پس از دوی ۱۵۰۰متر در گروه CAP تقریباً به مقادیر استراحت رسید، این در حالی است که در گروه PRL و Place به میزان چشمگیر پایین‌تر از مرحلهٔ استراحت رسید. این نتایج با یافته‌های گرگیک و همکاران (۲۲)، هیلتون و همکاران (۱۴) و کار و همکاران (۲۳) در مورد گروه CAP همسوست. یافته‌ها نشان می‌دهد که بی‌کربنات سدیم می‌تواند بار یونی و تعادل یونی را با کاهش جریان یون‌های پتاسیم از ماهیچه و در نتیجه حفظ خواص انقباضی ماهیچه‌ای در طول ورزش تغییر دهد (۲۴).

این به شیب سدیم پتاسیم مورد نیاز برای ایجاد پتانسیل عمل در محل اتصال عصبی ماهیچه‌ای و در نتیجه دپلاریزاسیون سلول‌های ماهیچه‌ای کمک می‌کند. پژوهش‌ها نشان داده است که به‌دلیل افزایش یون‌های سدیم خارج‌سلولی ناشی از مصرف بی‌کربنات سدیم، انباشت یون پتاسیم هنگام ورزش در خون کاهش می‌یابد (۲۵). با القای آلکالوز سوخت‌وسازی که از طریق دریافت خوراکی بافر حاصل می‌شود، می‌توان این کاهش PH را بیشتر متوقف کرد و به ورزشکار اجازه داد پیش از ایجاد خستگی محیطی در سطح بالاتری عمل کند. دریافت مقادیر مناسب بی‌کربنات سدیم، می‌تواند غلظت بی‌کربنات بدن را بین پنج تا شش میلی‌مول در لیتر افزایش دهد (۱۵). به‌طور معمول هنگامی‌که یون‌های هیدروژن اضافی در داخل ماهیچه تولید می‌شود، توانایی سلول ماهیچه‌ای برای تولید ATP را با مهار آنزیم‌های کلیدی درگیر در تولید ATP بی‌هوازی و هوازی کاهش می‌دهد. یون‌های هیدروژن همچنین با یون‌های کلسیم برای اتصال به تروپونین رقابت می‌کنند که روند انقباض ماهیچه‌های را مختل می‌کند. این وقفه همان چیزی است که به خستگی محیطی در ماهیچه‌های درگیر در فعالیت بدنی منجر می‌شود و در نهایت به کاهش عملکرد می‌انجامد. فرضیهٔ روش تجویز بی‌کربنات سدیم که قرار گرفتن در معرض معده را به حداقل برساند، منطق قوی دارد. به‌تازگی، استفاده از کپسول‌های رهش تعویقی در بیماران بررسی شد، جایی که مکمل بی‌کربنات سدیم به افزایش زیاد یون بی‌کربنات با حداقل عوارض جانبی منجر شد (۱۴، ۲۶).

تفاوتی در سطوح لاکتات استراحتی در پی دریافت بی‌کربنات سدیم موضعی و کپسول‌های رهش تعویقی بی‌کربنات سدیم با گروه کنترل دیده نشد، در هر سه گروه دریافت مکمل بی‌کربنات سدیم و دارونما، افزایش معناداری در سطوح لاکتات خون پس از دوی ۱۵۰۰ متر مشاهده شد که با پژوهش مک کی و همکاران (۱۳) همسو و با پژوهش فرری یرا و همکاران (۲۷)، فریس و همکاران (۲۸) در تضاد است. پروتئین‌های انتقالی در جابه‌جایی لاکتات و برقراری توازن اسید-باز در دو سوی غشای اریتروسیت‌ها، درگیر بوده و مسئول بخش عمدهٔ جابه‌جایی لاکتات هستند (۲۹). در اثر آلکالوز، خروج لاکتات از ماهیچهٔ فعال افزایش می‌یابد، اما افزایش جریان خروج لاکتات بدون تغییر در شیب غلظتی لاکتات از ماهیچه به سمت خون نیز گزارش شده است که گویا در اثر افزایش شیب یونی ناشی از القای آلکالوز باشد (۳۰). بنابراین، با توجه به اینکه سطوح لاکتات استراحتی، به‌جز در شرایط پاتولوژیک، به‌طور معمول ثابت است، بنابراین، عدم تغییر مقادیر لاکتات استراحتی منطقی است. در هر سه گروه افزایش معناداری در سطوح لاکتات خون پس از دوی ۱۵۰۰ متر مشاهده شد. با این همه، تفاوتی در مقدار این تغییرات (از مرحلهٔ پس از دریافت مکمل تا پس از دویدن) در سه گروه دیده نشد. به بیان دیگر، آلکالوز بر مقدار خروج از ماهیچهٔ لاکتات به سمت خون تأثیر نداشت. تصور می‌شود که در نخستین دقایق پس از تمرین، جریان خروج یون‌های هیدروژن به خون، سرعت بیشتری نسبت به لاکتات دارد. جذب لاکتات و یون هیدروژن توسط ماهیچه‌های غیرفعال، بر مقدار خروج آن‌ها از ماهیچه‌های فعال تأثیر می‌گذارد. همچنین بر پایهٔ برخی گزارش‌ها، جریان لاکتات به مایعات برون‌سلولی، مستقل از وضعیت اسید و باز در آب میان‌بافتی بوده و اغلب مقدار آن ثابت است (۳۱). بنابراین، این مسئله می‌تواند در توجیه عدم تفاوت بین‌گروهی در سطوح لاکتات، کمک‌کننده باشد.

در نمرات پرسشنامهٔ ناراحتی گوارشی بین سه گروه PRL، CAP، Place تفاوت معناداری دیده نشد. یکی از معایب مکمل بی‌کربنات سدیم در محلول آبی (که مصرف آن رایج است)، ناراحتی دستگاه گوارش است؛

ناراحتی‌ای که به علائمی مانند حالت تهوع، درد معده، اسهال و استفراغ منجر می‌شود. ژو و همکاران (۱۲) در یک طرح متقاطع تصادفی به این نتیجه رسیدند که مصرف بی‌کربنات سدیم با پوشش روده علائم گوارشی را در مقایسه با بی‌کربنات سدیم عمومی کاهش می‌دهد. هیلتون و همکاران (۱۴) در بررسی خود به این نتیجه رسیدند که بی‌کربنات سدیم محصور در کپسول‌های با رهش تعویقی علائم دستگاه گوارش را کاهش می‌دهد. با توجه به اینکه بی‌کربنات در خنثی‌سازی اسید معده از بین می‌رود، دوزهای خوراکی زیاد برای ایجاد افزایش معنادار در خون مورد نیاز است. ناراحتی حاد گوارشی یکی از عوارض جانبی شناخته‌شدهٔ مصرف مقادیر زیاد بی‌کربنات سدیم است. ناراحتی دستگاه گوارش شاید افراد را در استفاده از بی‌کربنات سدیم، صرف‌نظر از مزایای بالقوهٔ ارگوژنیک یا نیروزا بودن آن باز دارد (۱۲). بی‌کربنات سدیم در معده به یون سدیم و بی‌کربنات تجزیه می‌شود. اگرچه مقدار نسبتاً زیادی از بی‌کربنات به‌سرعت توسط یون‌های هیدروژن در معده خنثی می‌شود. این فرایند سبب تولید دی‌اکسیدکربن بیشتری می‌گردد که اگر بیش‌ازحد باشد، می‌تواند سبب ناراحتی دستگاه گوارش شود (۳۲). افزون بر این، مقدار زیاد یون‌های سدیم مصرف‌شده، می‌تواند مخاط روده را تحریک کرده و نوسانات اسمزی را به‌دنبال داشته باشد که به اسهال منجر می‌شود (۳۳). به همین دلیل ورزشکارانی که به‌طور بالقوه از مکمل‌ها استفاده می‌کنند، شاید در نهایت به‌دلیل ترس از ناراحتی دستگاه گوارش، به‌ویژه نزدیک مسابقات، از دریافت آن منصرف شوند (۱۳). این فرض در دریافت برخی مکمل‌ها از جمله بی‌کربنات سدیم وجود دارد که استفادهٔ نامناسب از آن می‌تواند به اختلالات گوارشی منجر شود و برای ورزشکار به‌ویژه در سطوح قهرمانی، مشکلات زیادی را به‌وجود آورد.

رکوردهای ثبت‌شدهٔ ۱۵۰۰متر، بین سه گروه PRL، CAP، Place تفاوت معناداری را نشان نداد. با این همه، میانگین رکورد در گروه CAP در مقایسه با گروه PRL حدود ۱ درصد و در مقایسه با گروه Place حدود ۲ درصد بهتر شد. اگرچه این تفاوت‌ها معنادار نبود، ولی در دوی ۱۵۰۰متر اختلاف چشمگیر است. یافته‌های زیادی نشان می‌دهند که آلکالوز می‌تواند عملکرد شدید را بهبود دهد. آلکالوز سوخت‌وسازی با افزایش ظرفیت بافری برون‌سلولی، سبب حفظ شیب بالاتر یونی مابین ماهیچه و خون و افزایش جریان لاکتات از سلول ماهیچه می‌شود (۳۰). پژوهشگران بر این باورند که کاهش انباشت یون هیدروژن از دلایل بهبود عملکرد است. توانایی حفظ عملکرد بالا در ورزش‌های شدید بستگی زیادی به کم کردن انباشت یون هیدروژن دارد. بنابراین، آلکالوزی کردن از طریق مکمل بی‌کربنات سدیم در ورزش‌های کوتاه‌مدت شدید از طریق کاهش دادن یون هیدروژن به بهبود ظرفیت تامپونی بافت منجر می‌شود (۳۴). بر پایهٔ نتایج به‌دست‌آمده استفاده از مکمل‌های غذایی به‌عنوان منابع انرژی‌زا کارامد است، زیرا ظهور خستگی را به تعویق می‌اندازد و انقباض ماهیچه‌های 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 تغذیهٔ آزمودنی‌ها در روز آزمون بود، اگرچه برنامهٔ غذایی یکسان برای همه پیشنهاد شده بود. همچنین به‌منظور بررسی دقیق‌تر متغیرها تعداد دفعات خون‌گیری می‌توانست در دوره‌های زمانی فراوان‌تر پس از فعالیت بدنی بررسی شود.

مهم‌ترین یافتهٔ این پژوهش این بود که مکمل‌دهی بی‌کربنات سدیم به روش تعویقی سبب افزایش ذخایر قلیایی بدن دوندگان نیمه‌استقامت می‌شود. با در نظر گرفتن ظرفیت بافری 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 مانند بی‌کربنات سدیم پیش از ورزش می‌تواند اسیدوز سوخت‌وسازی هنگام ورزش سنگین را کاهش دهد.

تشکر و قدردانی

از همهٔ آزمودنی‌هایی که در انجام این پژوهش شرکت کردند تشکر و قدردانی می‌شود.

حمایت مالی

پژوهش حاضر هیچ‌گونه حمایت مالی از سازمان خاصی دریافت نکرده و برگرفته از پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد است

مشارکت نویسندگان

همهٔ نویسندگان به‌طور مساوی در تمام مراحل اجرای این پژوهش مشارکت داشتند.

تعارض منافع

در این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافعی 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)۹

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, Nordsborg 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 Eirdmousa 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):89.۹۷-

19. Derave W, Everaert I, Beeckman S, Baguet A. Muscle carnosine metabolism and β-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. 20.۱۸

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 [HCO3−], 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, Zając 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.