

تأثیر مصرف کوتاه‌مدت بی‌کربنات سدیم بر توان بی‌هوازی و شاخص‌های الکتروفیزیولوژیایی عضله زنان ورزشکار

❖ زهرا احمدی؛ کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه اصفهان*
❖ دکتر فهیمه اسفراجانی؛ استادیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه اصفهان
❖❖ دکتر شهرام لنجان نژادیان؛ استادیار گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه اصفهان

چکیده:

هدف از انجام این تحقیق تعیین اثر تأثیر مصرف بی‌کربنات سدیم خوراکی بر توان بی‌هوازی، تغییرات لاکتات خون و شاخص‌های الکتروفیزیولوژیایی عضله زنان ورزشکار بود. بدین منظور هشت کاراته‌کار لیگ برتر فولاد سپاهان با حداقل سه سال سابقه قهرمانی در کارنامه ورزشی در این تحقیق شرکت کردند (میانگین سن $25 \pm 2/6$ سال، قد $167/4 \pm 4/6$ سانتی‌متر، وزن $57/9 \pm 5/4$ کیلوگرم و شاخص توده بدنی $20/9 \pm 1/3$ کیلوگرم بر مترمربع). هر آزمودنی دو بار به آزمایشگاه فیزیولوژی تربیت بدنی دانشگاه اصفهان مراجعه کرد. آزمودنی‌ها در یک مراجعه بی‌کربنات سدیم و در مراجعه دیگر دارونما، به میزان $0/3$ گرم به ازای هر کیلو گرم وزن بدن مصرف کردند، به طوری که دوز مصرفی به شش قسمت مساوی تقسیم و هر ده دقیقه یک بار با مقداری آب مصرف شد. یک ساعت پس از مصرف مکمل یا دارونما، آزمون وینگیت به منظور تعیین توان بی‌هوازی اجرا شد. در زمان انجام آزمون، EMG دو عضله پهن خارجی و دو قلو ثبت گردید. همچنین، به منظور اندازه‌گیری لاکتات خون، خون‌گیری از سرانگشتان دست قبل از آزمون، بلافاصله پس از آزمون و دقایق سه، شش و ده ریکاوری انجام شد. داده‌ها با استفاده از روش آماری t مستقل و تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر در سطح معناداری $P \leq 0/05$ بررسی شد. نتایج نشان داد، اگرچه مصرف بی‌کربنات سدیم خوراکی باعث بهبود اوج توان و میانگین توان به ترتیب به اندازه $0/33$ و $0/05$ درصد شد، ولی این تغییرات در مقایسه با مصرف دارونما معنادار نبود. همچنین، تفاوت معناداری در حداقل توان، درصد افت توان، تغییرات لاکتات خون، RMS و MPF بین دو گروه مکمل و دارونما مشاهده نشد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، به نظر می‌رسد مصرف بی‌کربنات سدیم خوراکی با دوز $0/3$ گرم برای هر کیلو وزن بدن بر توان بی‌هوازی، سطوح لاکتات خون و خستگی در سطح عصب-عضله ورزشکاران نخبه تأثیر معنادار ندارد.

واژگان کلیدی: توان بی‌هوازی، فعالیت الکتریکی عضله، کاراته‌کاران، لاکتات خون، مکمل بی‌کربنات سدیم.

مقدمه

اغلب رشته‌های ورزشی به اجرای فعالیت‌های کوتاهمدت و سریع با بازده توان حداکثر نیاز دارند. ظرفیت افزایش توان در رسیدن به نقطه اوج آن و به تأخیر انداختن خستگی از عوامل اصلی موفقیت قهرمانان است و مربیان رشته‌های مختلف ورزشی پیوسته در جستجوی بهبود عملکرد بی‌هوایی ورزشکاران خود هستند (۴).

در حقیقت، در طول فعالیت کوتاهمدت شدید، تولید اسید (عمدتاً اسید لاکتیک) داخل عضله، به طور چشمگیری فراتر از اسید دفع شده از عضله است و تجمع یون هیدروژن درون عضله، باعث ایجاد محدودیت در سوخت‌وساز و روند انقباضی فیبرهای عضله می‌شود که نتیجه آن کاهش راندمان عضله و ظهور خستگی است (۱۳). با انجام ورزش‌های شدید کوتاهمدت و تغییر در غلظت یون هیدروژن، سیستم‌های بافری مایعات بدن، ظرف کسری از ثانیه واکنش نشان می‌دهند تا این تغییرات را به حداقل برسانند (۷). فرضیه ارتباط بین تجمع یون هیدروژن و خستگی، دلایل محکمی را برای تحقیق در مورد دستکاری اسیدیته خون قبل از مسابقه به ارمان آورده است (۱۸).

ورزش کاراته فعلیتی با شدت زیاد است و در نتیجه سیستم بی‌هوایی سیستم غالب در این ورزش شناخته می‌شود. کمیته، بخش مبارزه کاراته، الگویی شبیه به تمرینات اینتروال دارد چرا که از حرکات رو به جلو و عقب، جاخالی دادن و رقص پا، با شدت پایین، و تکنیک‌های حمله و دفاع با شدت حداکثر تشکیل می‌شود. کاراته‌کار حدود شصت تکنیک پا یا دست در دقیقه انجام می‌دهد

و به نظر می‌رسد تجمع هیدروژن یکی از عوامل ایجاد خستگی در این ورزشکاران باشد (۱۰).

کاهش pH داخل عضلانی در طول فعالیت شدید، علاوه بر احساس خستگی، با تأثیر بر هموستاز و بافت عضله سبب اختلال در سیگنال‌های عصب‌آوران و مانع از ارسال پیام از اعصاب و ابران می‌شود. دستکاری pH در فعالیت کوتاهمدت شدید بر ارسال فرمان از اعصاب و ابران و شیوه به کارگیری عضله تأثیرگذار است (۱۲).

در تحقیقات متعددی، بی‌کربنات سدیم مکمل افزایش ظرفیت بافری بی‌کربنات خون، بهبود وضعیت حمل لاکتات و یون هیدروژن، حفظ pH خون، به تعویق انداختن خستگی و بهبود اجرا در ورزش‌های شدید کوتاهمدت بین ۶۰ تا ۲۴۰ ثانیه‌ای و ورزش‌های متناوب با مراحل تمرین شدید و کوتاه یا ورزش‌های مقاومتی استفاده شده است (۲۱،۲۲،۳۲). براساس گزارش سیگلر و همکارانش (۲۹) مصرف بی‌کربنات با دوز مناسب، ۰/۳ گرم برای هر کیلوگرم وزن بدن، باعث بهبود معناداری در میزان یون بی‌کربنات در بوکسورهای آماتور شد. براساس نظر برخی محققان، در فعالیت‌های شدید کوتاهمدت، حتی با مصرف مکمل بی‌کربنات نیز، دستورها از سیستم عصبی مرکزی کاهش می‌یابد و با کاهش اکسیژن سرخرگی و شروع خستگی، ارسال پیام از سیستم عصبی مرکزی به عضلات فعال کند می‌شود. خروجی سیستم عصبی مرکزی را می‌توان با الکترومایوگرافی سطحی تخمین زد (۳۱). وقتی پتانسیل تحریکی عصب حرکتی که تارهای عضلانی را تغذیه می‌کند به آستانه دپولاریزه شدن برسد، تار عضله منقبض می‌شود. دپولاریزه شدن

است، به طوری که با کاهش دمای عضله، فرکانس سیگنال هم کم می‌شود. سازوکار کاهش فرکانس سیگنال با شروع خستگی به روشنی مشخص نیست. ممکن است سرعت هدایت تار عضله بتواند کاهش MPF را با شروع خستگی توجیه کند. مطالعات در سطح عصب-عضله، کاهش در سرعت هدایت تار عضله را با شروع خستگی اثبات کرده‌اند. شواهدی وجود دارند که نشان می‌دهند سرعت هدایت تار و MPF با شروع خستگی به صورت خطی کم می‌شود. افزایش pH خون بر اثر مصرف بی‌کربنات سدیم خوراکی خستگی در حین فعالیت ورزشی را به تأخیر می‌اندازد و افت شاخص‌های EMG دیرتر ظاهر می‌شود (۲۴).

نتایج تحقیق هانتر و همکارانش (۲۰) نشان داد با مصرف بی‌کربنات سدیم خوراکی pH و HCO_3^- پلاسما و سرعت هدایت فیبر عضلانی در طول انقباض ایزومتریک بعد از پنجاه دقیقه رکاب‌زدن در دوچرخه‌سواران به طور معناداری افزایش یافت. در مقابل، براساس گزارش ماتسورا (۲۶) مصرف بی‌کربنات سدیم بر مقادیر RMS و MPF عضله پهن جانبی آزمودنی‌ها حین رکاب‌زدن بیشینه به مدت ده ثانیه تأثیری نداشت. از آنجا که افزایش اوج توان و به تأخیر انداختن خستگی از عوامل مؤثر بر موفقیت کاراته‌کاران است و با توجه به اینکه هنوز نمی‌توان پاسخ روشنی درباره مصرف بی‌کربنات سدیم در اختیار مربیان و ورزشکاران قرار داد و نتایج تحقیقات انجام شده بسیار ضد و نقیض است، در این تحقیق، سعی بر

باعث ایجاد میدان الکتریکی می‌شود. این پتانسیل به عنوان ولتاژ الکترومایوگرافی اندازه گرفته می‌شود (۲۵). از تغییرات سیگنال EMG در حین انقباضات خسته‌کننده می‌توان به کاهش سرعت هدایت پتانسیل عمل، هم‌زمان‌سازی واحدهای حرکتی و به کارگیری واحدهای حرکتی جدید اشاره کرد (۵).

در طول انقباض بیشینه و با شروع خستگی، دامنه EMG کم می‌شود. این کاهش در دامنه سیگنال EMG احتمالاً به دلیل کم شدن میزان راه‌اندازی واحد حرکتی، کاهش انتشار پیام در سطح عصب-عضله یا کاهش سرعت انقباض به دلیل افزایش یون پتاسیم و کاهش یون سدیم درون تار عضله است. این تغییرات در دامنه سیگنال را می‌توان با پردازش RMS^۱ در سیگنال EMG تشخیص داد. در طول انقباض زیربیشینه تا ظهور خستگی، دامنه سیگنال EMG در ابتدا ثابت است، اما پس از آن افزایش می‌یابد. این افزایش در دامنه احتمالاً به دلیل افزایش در تعداد واحد حرکتی برای حفظ سطح نیروی ثابت است. در انتهای انقباض زیربیشینه و با ظاهر شدن خستگی، دامنه سیگنال EMG کم‌کم سقوط می‌کند (۳، ۲۴).

در بیشتر تحقیقات، به منظور بررسی اثر خستگی روی فرکانس سیگنال، از شاخص فرکانس توان میانگین (MPF)^۲ استفاده می‌شود. مثلاً در تحقیق ویلامز و همکارانش (۲۴)، MPF آزمودنی‌ها ابتدا حدود ۱۰۰ هرتز بود که با آشکار شدن خستگی به ۷۰ هرتز کاهش یافت. برخی شرایط، مثلاً دمای عضله، روی MPF تأثیرگذار

1. Root Mean Square

2. Mean Power Frequency

(۱۸،۲۱). این دوز به شش قسمت مساوی تقسیم و هر قسمت در مقداری آب و یک قاشق غذاخوری شربت آلبالو حل شد و هر ده دقیقه یک بار، یکی از این شش قسمت به آزمودنی داده شد. مقدار آب در اولین قسمت ۲۵۰ میلی‌لیتر و در ده دقیقه بعدی ۲۰۰ میلی‌لیتر بود که این تناوب تا ششمین قسمت به صورت منظم تکرار شد. فقط، در اولین قسمت تکه کوچکی کیک همراه با محلول به آزمودنی داده شد تا از مشکلات گوارشی جلوگیری شود (۱۸). براساس گزارش محققان، حدود شصت تا نود دقیقه پس از مصرف بی‌کربنات، میزان آن در خون افزایش می‌یابد (۲۹)، بنابراین یک ساعت پس از مصرف ششمین قسمت، آزمون وینگیست اجرا شد، به طوری که آزمودنی شش دقیقه روی دوچرخه گرم کرد و بعد از آن برای تعیین rpm، به مدت ۵ ثانیه با حداکثر توان خود رکاب زد. سپس، آزمودنی از روی دوچرخه پایین آمد تا آماده‌سازی پوست و اتصال الکترودها انجام شود (الکتروود نقره- کلرید نقره ساخت چین با شعاع ۱/۵ سانتی‌متر). عضلات مورد نظر شکم بخش خارجی عضله دوقلو و شکم عضله پهن خارجی^۱ چهارسر پای راست بودند (۱۹).

برای آماده‌سازی پوست ابتدا محل قرارگرفتن الکترودها کاملاً تمیز شد. سپس، با پنبه الکلی محل پاک و با ژل اسکراب (ژل نوپرپ^۲ ساخت آمریکا) سلول‌های مرده از روی پوست زدوده شد. الکترودها در محل مشخص متصل شد و برای اطمینان از آماده‌سازی مناسب پوست، الکترومایوگرافی عضلات در حالت استراحت کامل عضله، گرفته

آن است تأثیر بی‌کربنات سدیم خوراکی بر تغییرات اسید لاکتیک، به تعویق انداختن خستگی و بهبود کارایی عصب وایران کاراته‌کاران زن بررسی شود.

روش شناسی

آزمودنی‌ها

نمونه آماری این تحقیق عبارت بود از هشت زن کاراته‌کار لیگ برتر فولاد سپاهان اصفهان با میانگین سنی $25 \pm 2/6$ سال، قد $167/4 \pm 4/6$ سانتی‌متر، وزن $57/9 \pm 5/4$ کیلوگرم و شاخص توده بدنی $20/9 \pm 1/3$ کیلوگرم بر مترمربع که حداقل سه سال سابقه قهرمانی در کارنامه ورزشی خود داشتند.

روش تحقیق

هر آزمودنی دو بار با فاصله سه تا هشت روز به آزمایشگاه فیزیولوژی تربیت بدنی دانشگاه اصفهان مراجعه کرد. از آزمودنی‌ها خواسته شد وعده غذایی پیش از مراجعه به آزمایشگاه را در هر دو نوبت تغییر ندهند. زمان مراجعه آزمودنی‌ها بین ساعت ۱۲ تا ۱۵ بود. آزمودنی‌ها در یک مراجعه به آزمایشگاه بی‌کربنات سدیم خوراکی و در مراجعه دیگر دارونما مصرف کردند. آزمودنی‌ها برای تعیین مصرف مکمل یا دارونما در مراجعه اول به روش تصادفی در دو گروه قرار گرفتند. گروه اول در اولین مراجعه به آزمایشگاه از دارونما و گروه دوم از مکمل استفاده کردند.

قد و وزن آزمودنی‌ها دو ساعت قبل از شروع آزمون گرفته شد. دوز مصرفی بی‌کربنات $0/3$ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در نظر گرفته شد

1. vastus lateralis

2. Nuprep

اندازه‌گیری لاکتات خون، ابتدا کیت در منفذ دستگاه گذاشته شد. سپس، کیت روی خون بیرون آمده از یکی از سرانگشتان دست قرارگرفت تا خون به داخل کیت مکش شود. پس از چند ثانیه، دستگاه میزان لاکتات خون را روی صفحه نمایش می‌داد. در این تحقیق، قبل از انجام آزمون وینگیت، آزمودنی دست خود را با آب و صابون شست. هنگام خون‌گیری، ابتدا انگشت آزمودنی با پنبه الکلی تمیز و پس از تخییر الکل از لاکتومتر استفاده شد. اولین خون بیرون آمده از پوست با پنبه پاک شد و خون بیرون آمده بعدی خون نمونه استفاده شد. به منظور مشخص کردن لاکتات خون، خون‌گیری ده دقیقه قبل از شروع آزمون، در لحظه پایان آزمون و در دقیقه‌های سه، شش و ده ریکاوری انجام شد. شاخص‌های EMG عضله با استفاده از دستگاه الکترومیوگراف (دستگاه الکترومایوگرافی شانزده کاناله مگاوین، ساخت فنلاند) اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه‌گیری EMG عضله، ابتدا آماده‌سازی پوست انجام شد؛ به این صورت که ابتدا محل قرارگرفتن الکترودها کاملاً تمیز و با ژل اسکراب سلول‌های مرده از روی پوست پاک شد. بعد از آن، سه الکتروده به روش ثبت دوقطبی روی شکم دو عضله دوقلو و پهن خارجی (عضله اصلی و عضله کمکی) قرارگرفت. سپس، آزمودنی روی دوچرخه ارگومتر نشست و با فرمان «رو» با تمام سرعت شروع به رکاب‌زدن کرد. EMG خام دو عضله در مدت سه ثانیه آزمون، ثبت شد. سپس، از شاخص RMS برای تحلیل دامنه و از MPF برای تحلیل

شد. مقاومت کمتر از ۱۰ کیلو اهم، مقیاسی برای آماده‌سازی مناسب پوست بود (۲۴). سپس، آزمون وینگیت به منظور تعیین توان بی‌هوازی اندام تحتانی به اجرا درآمد (۶)، به طوری که آزمودنی روی دوچرخه ارگومتر (ارگومتر مونارک مدل ۸۹۴ ساخت سوئد) می‌نشست و دوچرخه طوری برای او تنظیم می‌شد که وقتی یکی از پاها در اکستنشن قرار داشت زانو کمی خم شود. مقدار مقاومت دستگاه براساس $1/5$ وزن بدن تنظیم شد و پس از فرمان «رو» آزمودنی به مدت سی ثانیه با حداکثر توان شروع به رکاب زدن کرد. در دوره ریکاوری، بدون اعمال مقاومت به رکاب زدن ادامه داد (۱۹). متغیرهای اندازه‌گیری شده عبارت بودند از میانگین توان بی‌هوازی (میانگین کار انجام شده در مدت سی ثانیه بر حسب وات بر کیلوگرم)، اوج توان بی‌هوازی (بالاترین توان به دست آمده در مدت پنج ثانیه بر حسب وات بر کیلوگرم)، حداقل توان بی‌هوازی (پایین‌ترین توان به دست آمده در مدت پنج ثانیه بر حسب وات بر کیلوگرم) و درصد افت توان (درصد کاهش توان در سی ثانیه که با فرمول زیر محاسبه گردید) (۱۹).

$$Pd' = [(PP' - MP') \div 30] \times 100$$

در زمان اجرای آزمون، شاخص‌های الکترومایوگرافی عضلات ثبت و سطوح لاکتات خون با استفاده از لاکتومتر اسکات تعیین شد. این دستگاه با ابعاد کوچک دستی از طریق اسپکتروفتومتری آنزیمی، میزات لاکتات خون را در واحد میلی‌مول بر لیتر نشان می‌دهد. به منظور

1. Percent of power decline
2. Peak Power
3. Minimum Power

جدول ۱. مقایسه میانگین متغیرهای آزمون وینگیت بین دو گروه مکمل و دارونما

α	t	مصرف بی‌کربنات		گروه متغیر
		مصرف دارونما انحراف معیار \pm میانگین	مصرف بی‌کربنات انحراف معیار \pm میانگین	
۰/۷۶	۰/۳۵	۹/۶۳ \pm ۱/۵	۹/۹۵ \pm ۱/۷	اوج توان (W/Kg)
۰/۷۱	۰/۳۸	۲/۳ \pm ۰/۷	۲/۵ \pm ۰/۵	حداقل توان (W/Kg)
۰/۹۰	۰/۱۷	۷۴/۴ \pm ۹/۶	۷۳/۹ \pm ۹/۹	درصد افت توان (%)
۰/۹۳	۰/۱۴	۵/۲۰ \pm ۰/۶	۵/۲۳ \pm ۰/۵	میانگین توان (W/Kg)

شد، اما این اختلاف در سطح $P > ۰/۰۵$ معنادار نبود. همچنین، سطوح لاکتات خون در دقیقه سه بازیافت در هر دو گروه، بیشترین میزان را نشان داد. این مقدار در گروه مکمل ۱۲ و در گروه دارونما تقریباً ۱۰/۵ میلی‌مول در لیتر بود.

تفاوت معناداری در تغییرات RMS و MPF بین دو گروه مکمل و دارونما حین آزمون مشاهده نشد ($P > ۰/۰۵$).

همان‌طورکه در شکل‌های ۳ تا ۵ مشخص است، تغییرات RMS و MPF در گروه مکمل و دارونما شبیه به هم است؛ یعنی، نزول و صعود نمودارها در دو گروه از یک قانون تبعیت می‌کند. ایجاد خستگی در ثانیه سی‌ام آزمون در نمودارها مشخص است. درصد کاهش MPF در عضله پهن خارجی (شکل ۴) در گروه مکمل ۴۳٪ و در گروه دارونما ۶۰٪ و مقدار این کاهش در عضله دوقلو (شکل ۵) در گروه مکمل ۲۶٪ و در گروه دارونما ۳۳٪ است.

فرکانس سیگنال خام استفاده شد (۲۴).

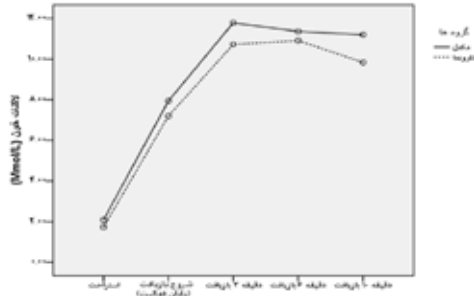
روش‌های آماری تجزیه و تحلیل داده‌ها

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از آمار توصیفی (میانگین و انحراف استاندارد) استفاده شد. همچنین، به منظور مقایسه میانگین‌های دو گروه از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر و آزمون t مستقل استفاده شد. تمامی عملیات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. سطح معناداری $P > ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

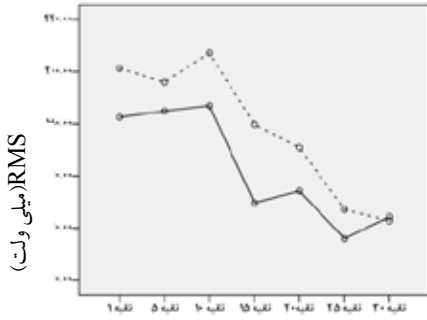
یافته‌ها

با مصرف بی‌کربنات سدیم خوراکی تفاوت معناداری در حداکثر و حداقل توان، درصد افت توان و میانگین توان آزمودنی‌ها در مقایسه با مصرف دارونما مشاهده نشد ($P > ۰/۰۵$).

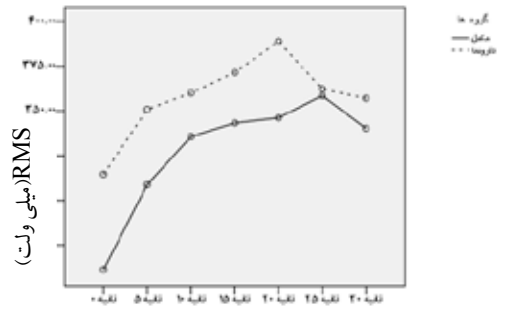
همان‌طورکه در شکل ۱ می‌بینید، هر چند مصرف مکمل در مقایسه با دارونما سبب افزایش سطوح لاکتات خون در مراحل مختلف اندازه‌گیری



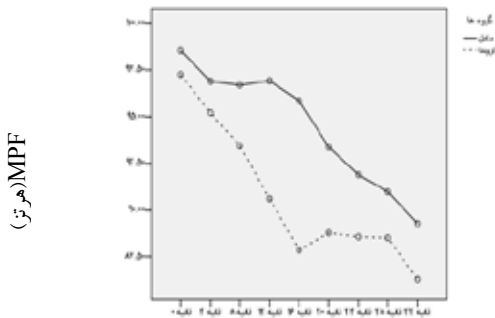
شکل ۱. میانگین لاکتات خون در مراحل مختلف اندازه گیری در دو گروه مکمل و دارونما



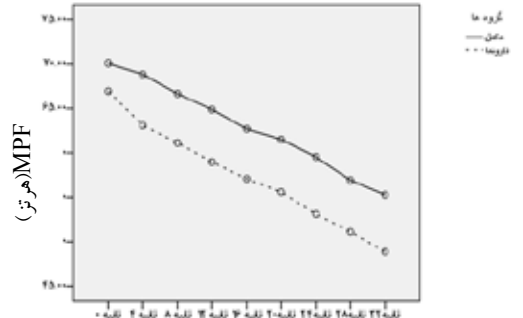
شکل ۳. تغییرات RMS عضله دوقلو در سی ثانیه



شکل ۲. تغییرات RMS عضله په‌ن خارجی در سی ثانیه



شکل ۵. تغییرات MPF عضله دوقلو در سی ثانیه



شکل ۴. تغییرات MPF عضله په‌ن خارجی در سی ثانیه

بحث و نتیجه‌گیری

براساس نتایج تحقیق حاضر، مصرف ۰/۳ گرم بی‌کربنات سدیم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن ورزشکار باعث افزایش توان بی‌هوازی و میزان سطوح لاکتات خون پس از فعالیت بیشینه شد، اما این تغییرات از لحاظ آماری معنادار نبود ($P > 0/05$).

براساس گزارش کامرون و همکارانش (۱۴) لاکتات و pH خون به طور معناداری با مصرف بی‌کربنات افزایش می‌یابد. نتایج تحقیق حاضر با تحقیق کلار و همکارانش (۱۵) مبنی بر عدم تغییر معنادار لاکتات مطابقت دارد. در این تحقیق نیز میزان لاکتات پس از دویست متر شنا، با مصرف بی‌کربنات تغییری نشان نداد. به نظر می‌رسد نخبه بودن آزمودنی‌ها در این دو تحقیق یکی از دلایل معنادار نشدن تغییرات لاکتات باشد، چرا که در تحقیق سیگلر و همکارانش (۲۹) روی بوکسورهای آماتور و تحقیق سیدل و همکارانش (۱۸) روی شناگران غیرنخبه، تأثیر بی‌کربنات سدیم بر تغییرات لاکتات معنادار بود.

مصرف مواد قلیایی سبب افزایش غلظت لاکتات سیاهرگی با افزایش انتقال لاکتات از آب میان‌بافتی به فضای سیاهرگی می‌شود. با توجه به اینکه انتقال یون هیدروژن و لاکتات از سلول عضله، به غلظت یون هیدروژن وابسته است، تصور می‌شود افزایش فعالیت سازوکارهای درگیر در انتقال یونی، مسئول افزایش غلظت لاکتات سیاهرگی حین ورزش باشد (۲). به نظر می‌رسد در اولین دقیق بعد از تمرین، جریان خروج یون هیدروژن از عضله به خون، سرعت بیشتری نسبت به لاکتات دارد. جذب لاکتات و یون هیدروژن در عضلات غیرفعال، بر

مقدار خروج آن‌ها از عضلات فعال تأثیر می‌گذارد. همچنین، بر اساس برخی گزارش‌ها، جریان لاکتات به مایعات برون‌سلولی، مستقل از وضعیت اسید-باز در آب میان‌بافتی و اغلب مقدار آن ثابت است. بنابراین، این مسئله در توجیه عدم تفاوت بین گروهی در سطوح لاکتات خون در زمان پس از فعالیت، کمک‌کننده است (۲).

ظرفیت بی‌هوازی، حداکثر انرژی بی‌هوازی است که شخص می‌تواند در هر مسابقه تا سر حد خستگی تولید کند. عوامل بسیاری بر توان بی‌هوازی مؤثرند. از جمله مهم‌ترین این عوامل سن، جنس، خصوصیات ساختاری و تمرین است (۱). در بسیاری از تحقیقات با پروتکل وهله‌های فعالیت تکراری، تغییرات معناداری در توان و عملکرد پس از مصرف بی‌کربنات مشاهده شده است (۱۶، ۱۷، ۲۷، ۳۰). براساس گزارش کاستیل و همکارانش (۱۱) انجام یک وهله تمرین با شدت زیاد، برای نشان دادن بهبود وضعیت بافری بدن بر اثر مصرف بی‌کربنات بسیار کوتاه است. در تحقیق حاضر اوج توان در گروه مکمل بالاتر از گروه دارونما بود اما این افزایش معنادار نبود. این نتایج، ادعای کاستیل و همکارانش را تأیید می‌کند. بر اساس گزارش لاوند (۱۱)، اوج توان و میانگین توان در ده وهله کوتاه‌مدت رکاب زدن شدید پس از مصرف بی‌کربنات افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد علت تفاوت نتایج تحقیق حاضر با لاوند در نوع پروتکل فعالیت است که در تحقیق لاوند به صورت تناوبی اجرا شده و تأکیدی است بر فرضیه کاستیل.

در تحقیق حاضر، مصرف ۰/۳ گرم

بهبود سرعت هدایت پتانسیل عمل تار عضلانی می‌شود (۱۹) و با افزایش کلسیم در بهبود توان بی‌هوازی اثرگذار است (۸).

الکترومایوگرافی شامل روش‌های مختلفی است که فعالیت الکتریکی عصب و عضله را مطالعه می‌کند. تغییرات ولتاژ در مراحل پولاریزه، دپولاریزه و رپولاریزه شدن با الکترودهای دستگاه الکترومایوگرافی ثبت می‌شود (۹). سیگنال EMG مجموع تمام واحدهای حرکتی فعال است. حین فعالیت بدنی، افزایش سیگنال EMG نشان‌دهنده این است که واحدهای حرکتی بیشتری متحد شده‌اند. این افزایش در تعداد واحدهای حرکتی برای جبران نقص در واحدهای حرکتی انقباضی خسته است (۲۳). گروهی از محققان اعلام کردند در فعالیت‌های شدید کوتاه‌مدت حتی با مصرف مکمل بی‌کربنات، دستورها از سیستم عصبی مرکزی کم می‌شود (۳۱).

براساس نظر برخی محققان، RMS نشان‌دهنده تعداد واحدهای حرکتی و میزان اتحاد واحدهای حرکتی در انقباض عضلانی است (۲۶). با توجه به شکل ۲ و ۳، به نظر می‌رسد رکاب‌زدن فعالیت زیربیشینه برای عضله پهن خارجی و فعالیت بیشینه برای عضله دوقلوس است. در عضله پهن خارجی با شروع آزمون، اتحاد بیشتر واحدهای حرکتی در هر دو گروه مشاهده می‌شود و نمودار حالت صعودی دارد. حدود ثانیه ۲۰ و ۲۵ فعالیت، نمودار حالت نزولی می‌گیرد. ورود از انقباض زیربیشینه به انقباض بیشینه در عضله پهن خارجی که برای گروه مکمل در ثانیه ۲۵ و برای گروه دارونما در ثانیه ۲۰ اتفاق می‌افتد، توجیهی برای این نقطه

بی‌کربنات سدیم خوراکی روی شاخص‌های الکتروفیزیولوژیایی عضله‌های دوقلو و پهن خارجی تأثیر معناداری نداشت. نتایج این تحقیق با تحقیقات یاماناکا و همکارانش (۳۱)، ماتسورا و همکارانش (۲۶) و گریب و همکارانش (۱۹) همسو و با نتایج ویلیام و همکارانش (۱۹۸۷) متناقض است.

براساس گزارش یاماناکا و همکارانش (۳۱)، اگرچه pH پس از مصرف بی‌کربنات سدیم خوراکی افزایش یافت، اما تغییر معناداری در IEMG مشاهده نشد. در این تحقیق بیان شد که به نظر نمی‌رسد تغییرات IEMG از pH خون تبعیت کند. در تحقیقی دیگر ماتسورا و همکارانش (۲۶) تأثیر بی‌کربنات سدیم خوراکی روی شاخص‌های EMG عضله پهن خارجی هشت مرد جوان را بررسی کردند. پروتکل تمرینشان ده مرحله ده ثانیه‌ای رکاب‌زدن روی دوچرخه کارسنج، با وهله‌های ۳۰ و ۳۶۰ ثانیه استراحت بود. دوره استراحت ۳۶۰ ثانیه قبل از مرحله پنجم و نهم فعالیت قرارداداشت. در این تحقیق، با اینکه میزان غلظت HCO_3^- پلاسما، در زمان مصرف بی‌کربنات به طور معناداری بیش از زمان مصرف دارونما بود، اما در میزان pH خون و تولید لاکتات تفاوت معناداری مشاهده نشد. همچنین، بین RMS و MPF در دو گروه کنترل و تجربی نیز تفاوت معناداری مشاهده نشد (۲۶).

تفاوت معناداری بین MPF و توان بی‌هوازی دو گروه مکمل و دارونما هنگام استفاده از کافئین به عنوان متغیر مستقل نشان داده شده است. به نظر می‌رسد برخلاف بی‌کربنات سدیم، کافئین باعث

در تحقیق حاضر، اگرچه علی‌رغم مصرف بی‌کربنات سدیم، تغییر معناداری در توان بی‌هوازی، لاکتات خون و شاخص‌های الکتروفیزیولوژیایی عضله رخ نداده است، ولی از آنجا که آزمودنی‌های این تحقیق افراد نخبه بودند، به نظر می‌رسد بهبود جزئی در عملکرد این ورزشکاران بتواند برای آن‌ها مفید واقع شود. با توجه به اینکه شرکت ورزشکاران در تمرینات مختلف (با شدت بالا و در حد آستانه اسید لاکتیک) سبب ایجاد سازگاری‌های مختلف و بهبود سیستم‌های بافری می‌شود، احتمال دارد مصرف دوزهای بالاتر بی‌کربنات سدیم مؤثر واقع شود.

با توجه به نتایج به دست آمده و با در نظر گرفتن شرایط حاکم بر آزمودنی‌ها، می‌توان نتیجه گرفت مصرف مکمل بی‌کربنات سدیم به میزان $0/3$ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن باعث تغییرات معناداری در میزان لاکتات خون، توان بی‌هوازی پایین تنه و شاخص‌های الکتروفیزیولوژیایی عضله در کاراته‌کاران زن نخبه نمی‌شود، اما نیاز به تحقیقات بیشتر در این زمینه احساس می‌شود.

بحرانی است. در عضله دوقلو، فعالیت از ابتدا بیشینه است و تمام واحدها از ابتدا با هم متحدند و افت نمودار از حدود ثانیه دهم مشاهده می‌شود. خستگی با کاهش MPF سیگنال همراه است و به نظر می‌رسد کاهش سرعت هدایت تار باعث کاهش MPF می‌شود (۲۸). همان‌طورکه در شکل ۴ و ۵ مشاهده می‌شود، با انجام آزمون وینگیت و ظهور خستگی، سرعت هدایت تار در هر دو گروه مکمل و دارونما کاهش می‌یابد. شیب نزولی نمودار در گروه مکمل نسبت به دارونما کمتر است که نشان‌دهنده افت کمتر سرعت هدایت تار در گروه مکمل است.

با توجه به RMS و MPF در دو عضله، می‌توان به این نتیجه رسید که مصرف بی‌کربنات سدیم در عضله دوقلو که فعالیت بیشینه دارد نسبت به عضله پهن خارجی که فعالیت زیربیشینه انجام می‌دهد، مؤثرتر است، چون اختلاف MPF، بین دو گروه مکمل و دارونما در عضله دوقلو بیش از عضله پهن خارجی است و این مطلب ادعای محققان مبنی بر تأثیر مصرف بی‌کربنات سدیم خوراکی در فعالیت‌های بیشینه را تأیید می‌کند.

منابع

۱. اسکات، رابرتس ا، رابرتز، رابرت ا. ۱۳۸۸، اصول بنیادی فیزیولوژی ورزشی، ترجمه ولی‌الله دبیدی روشن و عباسعلی گائینی. تهران. سمت.
۲. پوزش جدیدی، رقیه؛ محمدپور یقینی، حبیب؛ پوزش جدیدی، جبرئیل؛ آزای علمداری، کریم، ۱۳۸۹، تأثیر مکمل بی‌کربنات سدیم بر میزان اسید لاکتیک، آمونیاک و عملکرد پسران دوندۀ ۴۰۰ متر، علوم زیستی ورزشی، بهار (۴): ۷۹-۹۲.
۳. حسینی حسین، اصغر؛ قوچانی، الهام؛ راحتی قوچانی، سعید؛ راوری، محمد، ۱۳۹۰، تشخیص و پیش‌بینی خستگی عضلانی حین تایپ به‌وسیله الکترومایوگرافی سطحی و شبکه عصبی مصنوعی، مجله فیزیک پزشکی ایران، بهار (۱)، پیاپی ۳۰: ۳۱-۴۰.
۴. خازنی، علی؛ قراخانلو، رضا؛ آقاعلی‌نژاد، حمید؛ رستگار، مصیب؛؟، بررسی همبستگی بین آزمون میدانی RAST و ۳۰۰ یارد رفت‌وبرگشت با آزمون وینگیت در اندازه‌گیری توان بی‌هوازی بازیکنان فوتسال، المپیک، ۴ (پیاپی ۴۴): ۹۹-۱۰۹.
۵. دانشمندی، حسن؛ خرسندی‌کلور، مسعود؛ نورسته، علی‌اصغر، ۱۳۹۰، مطالعه الکترومایوگرافی خستگی‌پذیری عضلات کمر و ران در ورزشکاران مبتلا به کمر درد، مجله طب ورزشی، بهار و تابستان (۶): ۳۹-۵۴.
۶. قراخانلو، رضا؛ آقاعلی‌نژاد، حمید؛ خازنی، علی؛ نیکویی، روح‌الله؛؟، تأثیر مصرف کوتاه‌مدت ۲۰ و ۳۰ گرم مکمل کراتین منوهیدرات بر اجرای بی‌هوازی و لاکتات خون کشتی‌گیران، المپیک، ۲ (پیاپی ۴۶): ۲۷-۴۲.
۷. گایتون، آرتور (۱۳۷۵). فیزیولوژی پزشکی. ترجمه فرهاد همت‌خواه، تهران، شهرآب.
۸. ناظم، فرزاد؛ صمدیان، بابک؛؟، تأثیر مصرف کافئین بر توان بی‌هوازی، آنزیم LDE و یون کلسیم پلاسما فوئبالیست‌های جوان هنگام فعالیت بیشینه و متناوب، المپیک، ۴ (پیاپی ۴۸): ۱۲۳-۱۳۶.
۹. هاریسون، ۱۳۷۰، اصول طب داخلی هاریسون بیماری‌های مغز و اعصاب، ترجمه مسعود دارا و رضا آقاجانی، تهران، آینده سازان.

10. Beneke, Ralph; Beyer, Thorsten; Jachner, Christoph (2004). Energetics of karate kumite.
11. Bird, Lavender G.; and S. R. (1989). "Effect of sodium bicarbonate ingestion upon repeated sprints". Br J Sports Med; 23(1): 41-5.
12. Bishop, D.; Edge, J.; Davis, C.; Goodman, C. (2004). "Induced metabolic alkalosis affects muscle metabolism and repeated, sprint ability". Med Sci Sports Exerc; 36(5): 807-13.
13. Bruce, Gladden L.; Webster, Michael J.; Webster, Miriam N.; Crawford, Robert E. (1993). "Effect of Sodium bicarbonate ingestion on exhaustive resistance exercise performance". Med Sci Sports Exerc; 25(8): 960-5.
14. Cameron, Sonya L.; McLay-Cooke, Rebecca T.; Brown, Rachel C.; Gray, Andrew R.; Fairbairn, Kirsty A. (2010). "Increased Blood pH but Not Performance With Sodium Bicarbonate Supplementation in Elite Rugby Union Players". International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism; 20: 307-321.
15. Clare, Minahan; Joyce, Sarah; Osborn, Mark; Anderson, Megan (2011). "Acute and chronic loading of

- sodium bicarbonate in highly trained swimmers". *Eur J Appl Physiol*; 112 (2): 461-9.
16. Gaitanos, Gc.; Nevill, M.E.; Brooks, S.; Williams, C. (1991). "Repeated bouts of sprint running after induced alkalosis". *J Sports Sci*; 9: 355-369.
 17. Gao, Jiaping; Costill, David L.; Horswill, Craig A.; Park, Sung H. (1988). "Sodium bicarbonate ingestion improves performance in interval swimming". *Eur J Appl Physiol*; 58: 171-174.
 18. Gleadall- Siddall, Damien O.; Siegler, Jason C. (2010). "Sodium bicarbonate ingestion and repeated swim sprint performance". *Journal of Strength and Conditioning Research*; 24: 3105-3111.
 19. Greer, Felicia; Morales, Jacobo; Coles, Michael (2006). "Wingate performance and surface EMG frequency variables are not affected by caffeine ingestion". *Appl Phys*; 31: 597-603.
 20. Hunter, Angus M.; De Vito, Giuseppe; Bolger, Claire; Mullany, Hugh; Galloway, Stuart D. R. (2009). "The effect of induced alkalosis and submaximal cycling on neuromuscular response during sustained isometric contraction". *Journal of Sports Sciences*; 27(12): 1261-1269.
 21. Ioannis, I.; Douroudos, Ioannis; Fatouros, G.; Gourgoulis, Vassilios; Athanasios, Z.; Jamurtas, Tilemaxos Tsitsios; Hatzinikolaou, Athanasios; Margonis; Mavromatidis, Konstantinos; Kontantinos; Taxildaris, Kiriakos (2006). "Dose-Related Effects of Prolonged NaHCO₃ Ingestion during High-Intensity Exercise". *Med Sci Sports Exerc.*; 38(10): 1746-53.
 22. Joachim, Mester; Christoph, Zinner; Wahl, Patrick; Achtzehn, Silvia; Sperlich, Billy (2010). "Effects of bicarbonate ingestion and high intensity exercise on lactate and H⁺-ion distribution in different blood compartments". *Eur J Appl Physiol*; 111: 1641-1648.
 23. Jurimae, Jaak; Serge, P. Duvillard; Maestu, Jarek; Cicchella, Antonio; Urgo, Priit; Ruosi, Sergio; Jyrimae, Toivo; Hamra, Jena (2007). "Aerobic - anaerobic transition intensity measured via EMG signals in athletes with different physical activity patterns". *Eur J Appl Physiol*; 101(3): 341-6.
 24. Kamen, Gary; Gabriel, David A. (2010). *Essentials of Electromyography. Human Kinetics.*
 25. Konrad, Peter. (1989). *The ABC of EMG and Practical Introduction to Kinesiological Electromyography.* Williams & Wilkins.
 26. Matsuura, Ryouta; Arimitsu, Takuma; Kimura, Takehide; Yunoki, Takahiro; Yano, Tokuo (2007). "Effect of oral administration of sodium bicarbonate on surface EMG activity during repeated cycling sprints". *Eur J Appl Physiol*; 101: 409-417.
 27. Mero, Antti; Keskinen, Kari; Malvela, Marko; Sallinen, Janne (2004). "Combined Creatine and Sodium Bicarbonate Supplementation Enhances Interval Swimming". *Strength and Conditioning Research*; 18: 306-310.
 28. Mizrahi, Joseph; Voloshin, Arkady; Russek, Dalia; Verbitsky, Oleg; Isako, Eli (1997). "The Influence of Fatigue on EMG and Impact Acceleration in Running". *Basic Appl*; 7: 111-118.
 29. Siegler, Jason C.; Hirscher, Kristian (2010). "Sodium Bicarbonate Ingestion and Boxing Performance". *Strength and Conditioning Research*; 24: 103-108.
 30. Wu, Ching-Lin; Shih, Mu-Chin; Yang, Chia-Cheng; Huang, Ming-Hsiang; Chang, Chen-Kang (2010). "Sodium bicarbonate supplementation prevents skilled tennis performance decline after a simulated match". *J Int Soc Sports Nutr*; 26(7): 33.
 31. Yamanaka, Ryo; Yunoki, Takahiro; Arimitsu, Takuma; Lian, Chang-Shun; Yano, Tokuo (2011). "Effects of sodium bicarbonate ingestion on EMG, effort sense and ventilatory response during intense exercise and subsequent active recovery". *Eur J Appl Physiol*; 111(5): 851-8.
 32. Zajac, Adam; Cholewa, Jaroslaw; Poprzecki, Stanislaw; Waškiewicz, Zbigniew; Langfort, Jozef (2009). "Effects of sodium bicarbonate ingestion on swim performance in youth athletes". *Journal of Sports Science and Medicine*; 8: 45-50.