پژوهش‌نامهٔ فیزیولوژی ورزشی کاربردی **مقاله پژوهشی**
سال هفدهم/ شماره سی و سوم/بهار و تابستان ۱۴۰۰

دریافت: ۱۴۰۰/۴/۱۸ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۲۲ ص ص: ۱۸۹-۱۷۳

تأثیر شستشوی دهان با محلول کربوهیدرات بر زمان رسیدن به واماندگی و فعالیت الکتریکی عضلات زنان ورزشکار طی فعالیت دوچرخه‌سواری زیربیشینه

اعظم درویشی[۱]، رحیم میرنصوری[۲]، مسعود رحمتی[۳]، احسان امیری[۴]

چکیده

سابقه و هدف: شواهد رو به رشدی نشان می‌دهد که شستشوی دهان با محلول کربوهیدرات می‌توانند عملکرد استقامتی را بهبود بخشد. هدف این مطالعه بررسی تأثیر شستشوی دهان با محلول کربوهیدرات بر زمان رسیدن به واماندگی و فعالیت الکتریکی عضلات زنان ورزشکار طی فعالیت دوچرخه‌سواری زیربیشینه بود. **مواد و روشها:** ده زن فعال در ۳ جلسه مجزا در آزمایشگاه حضور پیدا کردند. در جلسه اول، توان خروجی بیشینه اندازه‌گیری شد و در جلسات دوم و سوم، هر آزمودنی یک وهله فعالیت دوچرخه‌سواری با شدت ۶۵ درصد توان خروجی بیشینه تا واماندگی را در شرایط استفاده از محلول کربوهیدرات یا دارونما به انجام رساند. قبل و بلافاصله بعد از انجام پروتکل تمرینی، لاکتات و گلوکز خون اندازه‌گیری شد. همچنین در حین انجام پروتکل، ضربان قلب، RPE و فعالیت الکتریکی عضله پهن خارجی و راست رانی ثبت شد. **یافته‌ها:** نتایج تحقیق نشان داد که زمان رسیدن به واماندگی در شرایط استفاده از محلول کربوهیدرات به شکل معنی‌داری نسبت به شرایط دارونما افزایش یافت ($p=0.007$). همچنین، میزان فعالیت الکتریکی عضله پهن خارجی در شرایط استفاده از محلول کربوهیدرات به شکل معنی‌داری بیشتر از شرایط دارونما بود ($P=0.0001$)، در حالی که در متغیرهای فعالیت الکتریکی عضله راست رانی، گلوکز و لاکتات خون، RPE و ضربان قلب بین دو شرایط تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. **نتیجه گیری:** این نتایج نشان داد که شستشوی دهان با محلول کربوهیدرات می‌تواند به‌عنوان یک استراتژی در بهبود عملکرد استقامتی زنان ورزشکار در نظر گرفته شود. همچنین، به‌نظر می‌رسد بهبود مشاهده شده ناشی از مکانیسم‌های عصبی بوده و به مسیرهای متابولیکی کربوهیدرات ارتباط ندارد.

واژه‌های کلیدی: شستشوی دهان با کربوهیدرات، فعالیت الکتریکی عضله، زمان رسیدن به واماندگی، زنان ورزشکار، دوچرخه‌سواری زیر بیشینه

۱ دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران
۲ استادیار فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران. نویسنده مسئول: mirnasuri.r@lu.ac.ir
۳ دانشیار فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران
۴ استادیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

مقدمه

تا به امروز اثرات ارگوژنیک استفاده از کربوهیدرات[1] (CHO) در حین فعالیت بر عملکرد ورزشی کاملا مشخص و تایید شده است (۱, ۲). چنین بیان شده است که مصرف کربوهیدرات در طول ورزش طولانی مدت از طریق حفظ سطوح قند خون و میزان اکسیداسیون کربوهیدرات موجب بهبود عملکرد می‌شود (۲). از طرفی، نتایج برخی مطالعات نشان داده است که اثر ارگوژنیک مصرف کربوهیدرات در حین فعالیت‌های استقامتی تا ۶۰ دقیقه یا کمتر ممکن است از طریق تاثیر مستقیم کربوهیدرات بر سیستم عصبی مرکزی باشد، اثری که احتمالاً توسط گیرنده‌های مزه واقع در دهان اعمال می‌شود (۳–۵). در واقع نشان داده شده است که در فعالیت‌های استقامتی ۶۰ دقیقه‌ای یا کمتر از آن، هیپوگلیسمی به وقوع نمی‌پیوندد و غلظت گلوکز خون کاهش نمی‌یابد (۶). با وجود تایید اثرات مثبت مصرف کربوهیدرات در حین فعالیت، ممکن است در برخی از ورزشکاران به‌دلیل بروز مشکلات گوارشی توام با مصرف کربوهیدرات در حین فعالیت، این استراتژی به‌عنوان یک روش بهینه و مطلوب تلقی نگردد (۷،۸). از این رو در سال‌های اخیر، شستشوی دهان با CHO در حین فعالیت به‌عنوان یک استراتژی جدید مورد توجه قرار گرفته است و در کالج آمریکایی طب ورزشی نیز مورد تایید قرار گرفته است (۹). گرچه مکانیسم عمل دقیق شستشوی دهان با CHO هنوز به درستی مشخص نیست، اما به نظر می‌رسد که شستشوی دهان با CHO از طریق تحریک گیرنده‌های مزه واقع در دهان سبب فعال‌سازی سیستم دوپامینرژیک[2] در مغز شده و این امر به کاهش درک فشار ناشی از فعالیت و بهبود عملکرد منجر می‌شود (۳،۴). در همین راستا در مطالعات قبلی تاثیر شستشوی دهان با CHO بر فعالیت الکتریکی عضلات به عنوان یک متغیر اصلی و مهم مرتبط با عملکرد عضلانی مورد بررسی قرار گرفته است. به عنوان مثال تحقیق باستز و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که شستشوی دهان با CHO برخلاف شیرین‌کننده‌های مصنوعی، فعالیت الکتریکی عضله پهن جانبی و زمان رسیدن به واماندگی را در گروه دوچرخه‌سواری با شدت متوسط در مقایسه با گروه دوچرخه‌سواری با شدت بالا افزایش می دهد (۱۰). علاوه بر این، گزارش شده است که شستشوی دهان با CHO تحریک‌پذیری مسیر کورتیکوموتور[3] را نیز افزایش می‌دهد و می‌تواند سبب کاهش خستگی عصبی– عضلانی ناشی از فعالیت شود (۱۱،۱۲). گرچه اکثر مطالعات انجام شده اثر ارگوژنیک شستشوی دهان با CHO را در طول فعالیت‌های استقامتی تا ۶۰ دقیقه یا کمتر را تایید کرده‌اند، اما این مطالعات بیشتر بر روی مردان بوده است (۳،۴، ۱۰،۱۱، ۱۳) و مطالعات اندکی تاثیر شستشوی دهان با CHO را بر عملکرد زنان مورد بررسی قرار داده و نتایج مطالعات موجود نیز تا حد زیادی ناهمسو می‌باشد. به عنوان مثال در مطالعه کریسن تاپولس و دیگران (۲۰۱۸) نشان داده شد که شستشوی دهان با CHO بر عملکرد زنان در یک مسابقه دو ۶۰ دقیقه‌ای تأثیر ندارد. محدودیتی که در این مطالعه وجود داشت این بود که شرکت کنندگان ترکیبی از زنانی بودند که در دوره‌های پیش از یائسگی و دوره یائسگی به سر می-بردند (۱۴). در مطالعهٔ کونشی و دیگران (۲۰۱۷)، تاثیر شستشوی دهان با ساکارز بر ۹ مرد و ۷ زن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که شستشوی دهان با ساکاروز موجب بهبود عملکرد اجرایی هر دو جنس زن و مرد می‌شود و تفاوت معنی‌داری بین دو جنس در خصوص تاثیرگذاری استراتژی شستشوی دهان با ساکارز وجود نداشت (۱۵).

[1] Carbohydrate
[2] Dopaminergic
[3] Corticomotor

از سوی دیگر، نشان داده شده است که اثرات ارگوژنیک شستشوی دهان با CHO از طریق تحریک و فعال‌سازی مناطق مرتبط با کنترل حرکتی[1]، پاداش و لذت (سیستم دوپامینرژیک[2]) در مغز و افزایش تحریک-پذیری کورتیکوموتور می‌باشد (۴،۱۱) و شواهد قانع کننده‌ای نشان داده است که تحریک‌پذیری قشر حرکتی و فعالیت سیستم دوپامینرژیک تحت تاثیر تفاوت جنسیتی و هورمون‌های جنسی قرار می‌گیرد (۱۸-۱۶). بنابراین به راحتی نمی‌توان نتایج مطالعاتی که بر روی مردان انجام گرفته است را به زنان تعمیم داد. با توجه مطالب فوق و عدم توافق بین نتایج و کمبود شواهد علمی در خصوص تاثیر شستشوی دهان با CHO در زنان، هنوز سؤالات و ابهامات زیادی وجود دارد. با توجه به مکانسیم‌های بیان شده در خصوص نحوهٔ تاثیر شستشوی دهان با CHO بر عملکرد از یک طرف و تعامل هورمون‌های جنسی با سیستم دوپامینرژیک و قشر حرکتی از طرف دیگر، این سوال مطرح است که آیا استراتژی شستشوی دهان با CHO همانند مردان بر عملکرد زنان تاثیر گذار است؟ این امر از دیدگاه کاربردی نیز دارای اهمیت بسیار است و نتایج آن می‌تواند به‌صورت کاربردی در زنان ورزشکار مورد استفاده قرار گیرد. از این رو، هدف از این تحقیق بررسی تأثیر شستشوی دهان با محلول کربوهیدرات بر زمان رسیدن به واماندگی و فعالیت الکتریکی عضلات زنان ورزشکار طی فعالیت دوچرخه‌سواری زیربیشینه می باشد.

روش پژوهش

آزمودنی‌ها: تحقیق حاضر از نوع تحقیقات نیمه تجربی و از نظر اهداف یک تحقیق کاربردی بود. سیزده زن سالم و فعال با حداقل سه سال فعالیت دوچرخه‌سواری منظم استقامتی (سه روز در هفته) با روش نمونه‌گیری هدفمند و در دسترس با توجه به اهداف تحقیق به‌صورت داوطلبانه به عنوان آزمودنی در این مطالعه شرکت نمودند. تعداد ۳ آزمودنی در حین اجرای پژوهش از ادامهٔ همکاری منصرف شدند و در نهایت تعداد ۱۰ آزمودنی در تمامی مراحل تحقیق حضور یافتند. بدین منظور، با هماهنگی‌های به عمل آمده با هیات دوچرخه‌سواری شهر تهران اطلاعات مورد نیاز در خصوص زنان فعال در این رشته به‌دست آمد و سپس با اعلان فراخوان از طریق کانال‌های ارتباطی و نیز تماس با زنان ورزشکار نسبت به انتخاب آزمودنی‌ها اقدام گردید. معیارهای ورود به پژوهش حاضر عبارت بود از: ۱) داشتن حداقل ۳ سال سابقهٔ دوچرخه‌سواری منظم استقامتی (۳روز در هفته و ۹۰ کیلومتر رکاب زدن در هفته)، ۲) داشتن چرخهٔ قاعدگی منظم، ۳) عدم مصرف قرص‌های ضد بارداری و داروهای مشابه، ۴) عدم وجود مشکلات عصبی و اختلالات متابولیسم گلوکز. معیارهای خروج از پژوهش نیز شامل: ۱) خروج داوطلبانهٔ آزمودنی‌ها از پژوهش، ۲) بروز هرگونه آسیب‌دیدگی یا ابتلا به بیماری حاد در بازهٔ زمانی اجرای پژوهش، ۳) استفادهٔ از هرگونه داروی هورمونی از فاز اجرایی پژوهش. لازم‌به‌ذکر است که هیچیک از آزمودنی‌ها سابقهٔ استفاده منظم از نوشیدنی‌های انرژی‌زا و یا نوشیدنی‌های با ماهیت کربوهیدراتی را نداشتند.

ملاحظات اخلاقی: پس از آشنایی آزمودنی‌ها با مراحل تحقیق و اهداف آن و همچنین رضایت کامل آنان به منظور شرکت در کلیه مراحل تحقیق، اطلاعات شخصی و سلامتی آنان با استفاده از پرسشنامه محقق ساخته جمع‌آوری شد. با توجه به آیین نامه هیئت بررسی اخلاق دانشگاهی، از شرکت کنندگان رضایت آگاهانه کتبی اخذ شد. کلیه مراحل تحقیق توسط کمیته اخلاق پژوهشگاه علوم ورزشی تأیید شده است (IR.SSRC.REC.1399.107).

[1] Motor control
[2] Dopaminergic

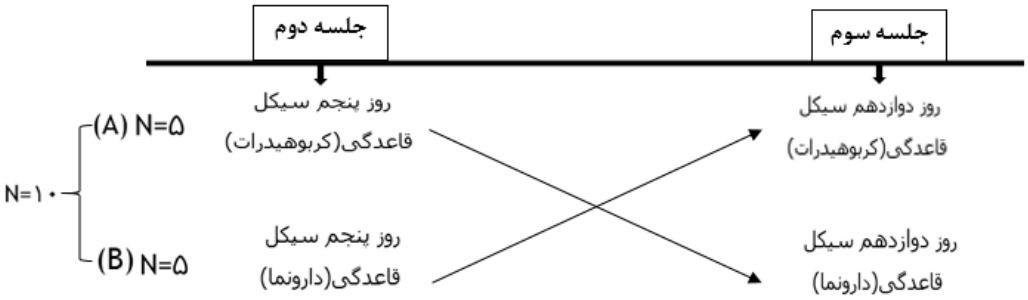
جدول۱: میانگین و انحراف معیار ویژگی فردی شرکت کنندگان

متغیرها	مقدار (انحراف استاندارد ± میانگین)
سن (سال)	۳۱/۱۰ ± ۵/۱۵
وزن (کیلوگرم)	۵۹/۵ ± ۵/۱۲
قد (سانتی‌متر)	۱۶۵/۶ ± ۳/۸
درصد چربی	۲۷/۹۵ ٪±۲/۸٪
حداکثر توان خروجی (وات)	۱۸۱/۶۲ ±۲۷/۰۹

طرح پژوهش: مطالعه حاضر به صورت موازنهٔ متقابل[1] و دوسوکور انجام شد. هریک از آزمودنی‌ها در سه جلسهٔ جداگانه در آزمایشگاه حضور پیدا کردند که جلسهٔ اول به منظور آشنایی با شیوهٔ اجرای پژوهش و نیز اندازه‌گیری حداکثر توان خروجی، و جلسات دوم و سوم به‌منظور اجرای پروتکل تمرینی در شرایط شستشوی دهان با محلول کربوهیدرات یا دارونما به‌صورت موازنهٔ متقابل در نظر گرفته شد. فاصله زمانی بین جلسهٔ اول تا جلسهٔ دوم حداقل ۷۲ ساعت و فاصلهٔ بین جلسهٔ دوم و سوم ۴ روز بود. دمای آزمایشگاه بین ۱۹ تا ۲۱ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی بین ۵۰ تا ۶۰ درصد بود. در اولین جلسه حضور آزمودنی‌ها در آزمایشگاه و پس از ارائه توضیحات لازم به آنان در ارتباط با مراحل تحقیق، اطلاعات شخصی، ویژگی‌های آنتروپومتریک (وزن بدن، قد و درصد چربی بدن) و حداکثر توان خروجی (بر حسب وات) (PPo)[2] آزمودنی‌ها ثبت گردید. به دنبال آن، هر یک از آزمودنی‌ها به طور جداگانه دو جلسه فعالیت استقامتی وامانده‌ساز بر روی دوچرخه کارسنج با شدت ۶۵ درصد PPo را در روزهای ۷ و ۱۲ فاز فولیکولی چرخهٔ قاعدگی خود انجام دادند. به‌منظور کنترل سیکل قاعدگی، از ثبت و خودگزارش‌دهی آزمودنی‌ها استفاده شد. بدین‌منظور، آزمودنی‌ها اطلاعات مربوط به آغاز سیکل قاعدگی (اولین روز خونریزی) را در پرسشنامهٔ محقق ساخته ثبت و به اطلاع محقق رساندند و به‌دنبال آن، برنامه‌ریزی جهت حضور هر آزمودنی‌ها در روزهای مشخص از فاز فولیکولی انجام پذیرفت. همانگونه که پیشتر نیز اشاره شده، آزمودنی‌ها به صورت موازنهٔ متقابل و به‌شکل تصادفی در یک جلسه تحت شرایط شستشوی دهان با کربوهیدرات (CMR) و در یک جلسه تحت شرایط دارنما (PLA) قرار گرفتند. این زمان‌بندی به‌منظور جلوگیری از تاثیر احتمالی فازهای مختلف چرخهٔ قاعدگی بر نتایج تحقیق لحاظ گردید. در این دو جلسه، پس از ورود آزمودنی‌ها به آزمایشگاه و قرار گرفتن در حالت ثابت به مدت ۵ دقیقه، ضربان قلب استراحتی، لاکتات و گلوکز خون اندازه‌گیری شد. سپس آزمودنی‌ها به‌مدت ۳ دقیقه گرم کردن استاندارد را بر روی دوچرخهٔ کارسنج انجام داده و به دنبال آن، با ۶۵ درصد PPo (اندازه‌گیری شده در جلسهٔ اول) و تا رسیدن به واماندگی به فعالیت پرداختند. در حین اجرای پروتکل در این دو جلسه، هر ۱۵ دقیقه آزمودنی‌ها نوشیدنی حاوی مالتودکسترین یا دارونما را به مدت ۱۰ ثانیه به دهان خود گرفته و سپس در ظرفی که بدین منظور آماده شده بود تخلیه نمودند. همچنین، در حین اجرای پروتکل هر ۱۰ دقیقه یک‌بار میزان ضربان قلب و RPE (۱۹). ثبت و در فواصل زمانی ۹۰ ثانیه ابتدایی و سپس هر ۱۵ دقیقه یک بار به

[1] Counterbalance
[2] Peak power output

مدت ۹۰ ثانیه میزان فعالیت الکتریکی عضله پهن خارجی[1] (VL) و راست رانی[2] (RF) نیز اندازه‌گیری و ثبت گردید. با رسیدن به واماندگی طبق معیارهای از قبل تعیین شده، زمان مورد نظر ثبت و بلافاصله ضربان قلب، لاکتات و گلوکز خون مجدداً مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. به‌منظور جلوگیری از تاثیر ریتم شبانه‌روزی بر نتایج، هر آزمودنی در زمان مشابهی از روز و ۴ ساعت پس از صرف آخرین وعده غذایی در آزمایشگاه حضور یافت (۲۰). در طول هر پروتکل به جز مقیاس درک فشار و شستشوی دهان هیچ تعاملی بین آزمودنی و محقق وجود نداشت، هیچ تشویقی به آزمودنی‌ها ارائه نشد و آنها از اطلاعات مربوط به عملکرد (زمان فعالیت، ضربان قلب) در طول آزمون بی اطلاع نگاه داشته شدند. در تمام طول آزمون یک فن در یک موقعیت استاندارد (۱۰۰ سانتی‌متر در مقابل آزمودنی) برای گردش هوای خنک استفاده شد. از آزمودنی‌ها خواسته شد ۲۴ ساعت قبل از هر بار مراجعه به آزمایشگاه رژیم غذایی یکسانی را استفاده کنند. برای اجرای تحقیق، از آزمودنی‌ها درخواست شد، قبل از اجرای آزمون در همه جلسات الگوهای خواب طبیعی (۷ ساعت) را رعایت کنند و ۲۴ ساعت قبل از حضور در آزمایشگاه از انجام فعالیت شدید و مصرف الکل، کافئین و نیکوتین خودداری نمایند. شماتیک چگونگی اجرای جلسات دوم و سوم در شکل شمارهٔ ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱: شماتیک طرح پژوهش و چگونگی اجرای جلسات دوم و سوم به شیوهٔ موازنهٔ متقابل

اندازه‌گیری توان خروجی بیشینه (PPO): به‌منظور اندازه‌گیری توان خروجی بیشینهٔ هر آزمودنی از آزمون فزایندهٔ آستراند[3]ویژهٔ زنان بر روی دوچرخهٔ کارسنج (Ergometrics er800s) استفاده شد. بدین منظور، ابتدا آزمودنی‌ها به مدت ۲ دقیقه با بار کاری ۵۰ وات و سرعت رکاب زنی ۵۰ دور بر دقیقه به فعالیت پرداخته و به‌دنبال آن تا رسیدن به واماندگی هر ۳ دقیقه ۲۵ وات به بار کاری اضافه شد. عدم توانایی در حفظ سرعت رکاب‌زنی مورد نظر (۵۰ دور بر دقیقه) به‌مدت بیش از ۵ ثانیه علیرغم ارائهٔ تشویق کلامی ملاک رسیدن به واماندگی و توقف آزمون بود (ون و دیگران، ۲۰۱۷). پس از رسیدن به واماندگی و توقف آزمون حداکثر توان خروجی از طریق فرمول زیر بدست آمد:

[1] Vastus lateralis
[2] Rectus femoris
[3] Astrand

$PPO = w_{out}1 + (t \div ۱۸۰) \times ۲۵$

t: زمان (ثانیه) در آخرین مرحله

W_{out}: بارکاری در آخرین مرحله

زمان رسیدن به واماندگی: به‌منظور ثبت زمان رسیدن به واماندگی، آزمودنی‌ها در جلسات دوم و سوم حضور در آزمایشگاه یک وهله فعالیت زیر بیشینه و تا رسیدن به واماندگی را بر روی دوچرخهٔ ارگومتر (Ergometrics er800s) به انجام رساندند. بدین منظور، آزمودنی‌ها ابتدا به‌مدت ۳ دقیقه و با شدت ۴۰٪ PPO به گرم کردن بر روی دوچرخه پرداخته و پس از آن، با شدت ۶۵٪ PPO در شرایطی که می‌بایست یک ریتم (آهنگ) بین ۶۰ تا ۸۰ دور پا در دقیقه (RPM) را در حین اجرای پروتکل حفظ می‌نمودند، تا رسیدن به واماندگی به فعالیت پرداختند. ریتم در نظر گرفته شده به طور مداوم در هر دقیقه کنترل و ثبت می‌گردید. موقعیت و ارتفاع صندلی، ارتفاع فرمان و جهت‌گیری بر روی دوچرخه در هردو جلسهٔ تمرینی یکسان و مشابه با جلسهٔ اول بود. ملاک رسیدن به واماندگی در این پروتکل عدم توانایی آزمودنی در حفظ ریتم ۶۰ دور پا در دقیقه برای بیش از ۵ ثانیه بود. در این شرایط، زمان مورد نظر به عنوان زمان رسیدن به واماندگی ثبت می‌گردید.

شستشوی دهان با CHO: پروتکل CMR مورد استفاده در این پژوهش شامل شستشوی دهان با محلول حاوی ۶/۴ ٪ مالتودکسترین (MALT)[1] یا دارونما (آب) در حین اجرای فعالیت بدنی و هر ۱۵ دقیقه یک‌بار بود. بدین‌منظور، پس از شروع فعالیت از آزمودنی‌ها خواسته شد تا در فواصل زمانی معین (هر ۱۵ دقیقه) مقدار ۲۵ میلی‌لیتر محلول حاوی کربوهیدرات یا دارونما را به مدت ۱۰ ثانیه در دهان نگه داشته و بدون نوشیدن، آن را در ظرفی که بدین منظور در نظر گرفته شده بود تخلیه کنند. مالتودکسترین بخشی از نشاسته هیدرولیز است که هنگامی که در آب حل می‌شود بی رنگ و بی‌مزه است. در شروع مطالعه به هر فرد گفته شد که او دو محلول مختلف را دریافت می‌کند. آزمودنی‌ها و محققان تا پایان پژوهش از محتویات محلول مورد استفاده در هر دو جلسهٔ تمرینی بی اطلاع ماندند.

اندازه‌گیری لاکتات و گلوکز: برای اندازه‌گیری لاکتات و گلوکز، نمونه‌های خونی (۰/۳ میکرولیتر) از نوک انگشت قبل و بلافاصله پس از انجام تمرین استقامتی دوچرخه‌سواری وامانده‌ساز گرفته شد. برای اندازه‌گیری لاکتات از دستگاه لاکتومتر (hp/cosmos، آلمان) و استریپ‌های دارای کد۳۷ استفاده شد و برای اندازه‌گیری گلوکز خون نیز از دستگاه گلوکومتر(activ، ژاپن) استفاده شد.

تجزیه و تحلیل سیگنال EMG: سیگنال‌های EMG با استفاده سیستم الکترومیوگرافی (Me 600 Mega fanland) با فرکانس نمونه‌برداری ۲۰۰۰ هرتز ثبت شد. در ابتدا پوست تراشیده و برای کاهش مقاومت پوست، با الکل پاک شد. سپس الکترودهای دو قطبی روی عضله پهن خارجی و راست رانی پای برتر قرار داده شد. الکترود خنثی روی استخوان تیبیا وصل شد. الکترودها با استفاده از نوار چسب روی پوست قرار گرفتند تا حرکت سیم به حداقل برسد. محل قرارگیری الکترودها مطابق توصیه های هرمنس و همکاران بود (۲۱) EMG در طول ۹۰ ثانیه بلافاصله پس از هر بار شستشوی دهان ثبت شد. ریشه میانگین مجذورات[2] (RMS) در ۳ بخش ۳۰ ثانیه‌ای ثبت شد و میانگین ۳ بخش به عنوان شاخص فعالیت عضلات مورد استفاده قرار گرفت. این سیگنال با استفاده از فرکانس‌های قطع ۲۰ و ۴۵۰ هرتز فیلتر شد. ریشه میانگین مجذورات (RMS) به عنوان شاخص فعال‌سازی

[1] Maltodextrin
[2] Root Mean Square

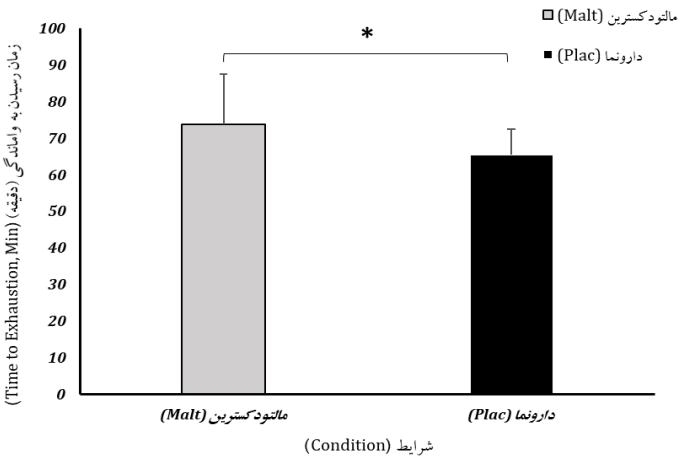
عضلات کل استفاده شده است (۲۲). RMS با حداکثر سیگنال خام خود که در طول آزمایش به دست آمده بود، نرمال شد.

روش‌های تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ انجام گرفت. به منظور بررسی پیش فرض نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو ویلک[1] و برای بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون کرویت ماوخلی[2] استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌های زمان رسیدن به واماندگی، گلوکز و لاکتات از آزمون تی همبسته استفاده شد. تجزیه تحلیل داده‌های مربوط به فعالیت الکتریکی عضلات پهن جانبی و راست رانی، RPE و ضربان قلب با استفاده از آزمون آماری تحلیل واریانس دوراهه با اندازه‌گیری‌های تکراری (زمان × مداخله) انجام شد و در صورت وجود تفاوت معنی‌دار در عامل مداخله (CMR در مقابل PLA)، از آزمون تی همبسته برای مشخص نمودن محل تفاوت استفاده شد. برای تمامی آزمون‌های آماری سطح معناداری، $p<0.05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

زمان رسیدن به واماندگی: نتایج آزمون تی همبسته نشان داد که زمان رسیدن به واماندگی در شرایط CMR به‌شکل معنی‌داری بیشتر از زمان رسیدن به واماندگی در شرایط PLA بود ($t_{(9)}=3.44,p=0.007$). زمان رسیدن به واماندگی در شرایط CMR ۷۳/۹۰ دقیقه و در شرایط PLA ۶۶/۵۰ دقیقه بود که نشان دهندهٔ افزایش ۱۱/۱۲ درصدی زمان رسیدن به واماندگی در شرایط CMR در مقایسه با شرایط PLA است (شکل ۲).

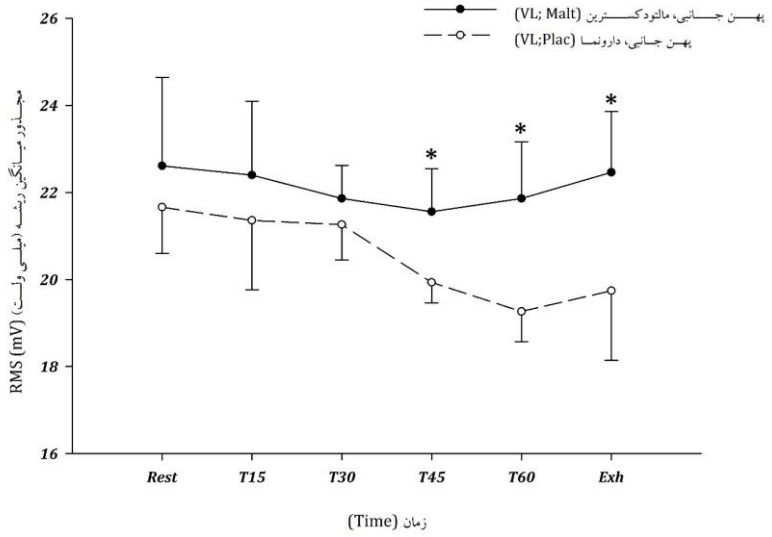


شکل ۲: مقایسه زمان رسیدن به واماندگی در شرایط Malt و PLA.* تفاوت معناداری بین دو شرایط ($p<0.05$)

فعالیت الکتریکی عضله پهن خارجی (VL) و راست رانی (RF): نتایج آزمون تحلیل واریانس دو راهه با اندازه‌گیری‌های مکرر در خصوص فعالیت الکتریکی عضلهٔ پهن خارجی نشان داد که بین دو عامل "زمان

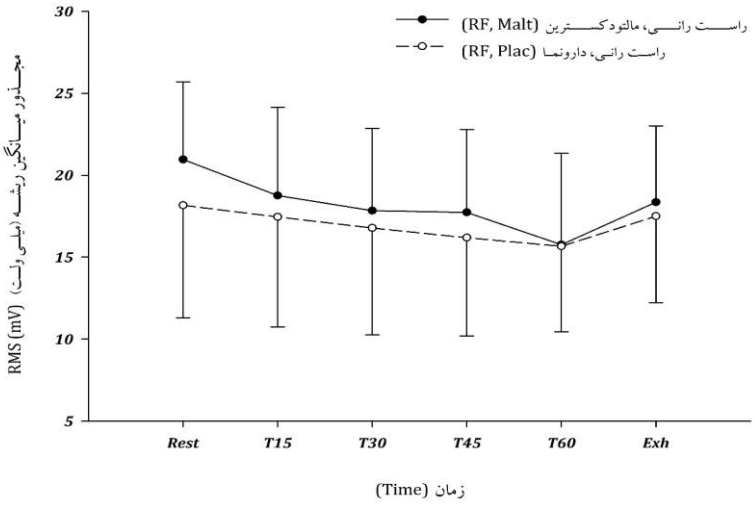
[1] Shapiro-Wilk
[2] Mauchly's Test of Sphericity

و مداخله" تعامل معنی‌داری وجود ندارد ($F_{(5,45)}$=2.04; p=0.09). با توجه به غیر معنی‌دار بودن اثر تعامل، اثر اصلی مداخله و زمان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مربوط به اثر اصلی مداخله نشان داد که بین دو شرایط در متغیر فعالیت الکتریکی عضلهٔ پهن خارجی تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($F_{(1,9)}$=51.58; p=0.0001). همچنین، اثر اصلی زمان نیز تفاوت معنی‌داری را در متغیر فعالیت الکتریکی عضلهٔ پهن خارجی در بازه‌های زمانی مشخص شده نشان داد ($F_{(5,45)}$=4.51; p=0.002). از سوی دیگر، به‌منظور مشخص نمودن محل تفاوت در متغیر فعالیت الکتریکی عضلهٔ پهن خارجی بین شرایط CMR و PLA از آزمون تی همبسته استفاده شد و نتایج نشان داد در زمان‌های ۴۵ (p=0.01) و ۶۰ (p=0.0001)، و نیز در زمان رسیدن به واماندگی (p=0.008)، میزان فعالیت الکتریکی عضلهٔ پهن خارجی در شرایط CMR به‌شکل معنی‌داری بیشتر از شرایط PLA بود (شکل ۳).



شکل ۳: مقایسه فعالیت الکتریکی عضله پهن خارجی در حین فعالیت استقامتی وامانده‌ساز دوچرخه-سواری در شرایط CMR و PLA .* تفاوت معنی‌دار بین دو شرایط (p<0.05)

نتایج آزمون تحلیل واریانس دو راهه با اندازه‌گیری‌های مکرر در خصوص فعالیت الکتریکی عضلهٔ راست رانی نیز تعامل معنی‌داری را بین دو عامل "زمان و مداخله" نشان نداد ($F_{(2.53, 22.8)}$=1.32; p=0.28). با توجه به عدم وجود تفاوت معنی‌دار در اثر تعامل، اثر اصلی مداخله نشان داد که در متغیر فعالیت الکتریکی عضلهٔ راست رانی بین دو شرایط تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($F_{(1,9)}$=4.17; p=0.71). از سوی دیگر، اثر اصلی زمان نشان داد که صرف‌نظر از نوع مداخله، در فعالیت الکتریکی عضلهٔ راست رانی بین بازه‌های زمانی مشخص شده تفاوت معنی-داری وجود داشت ($F_{(2.4,22.4)}$=7.79; p=0.002) (شکل ۴).

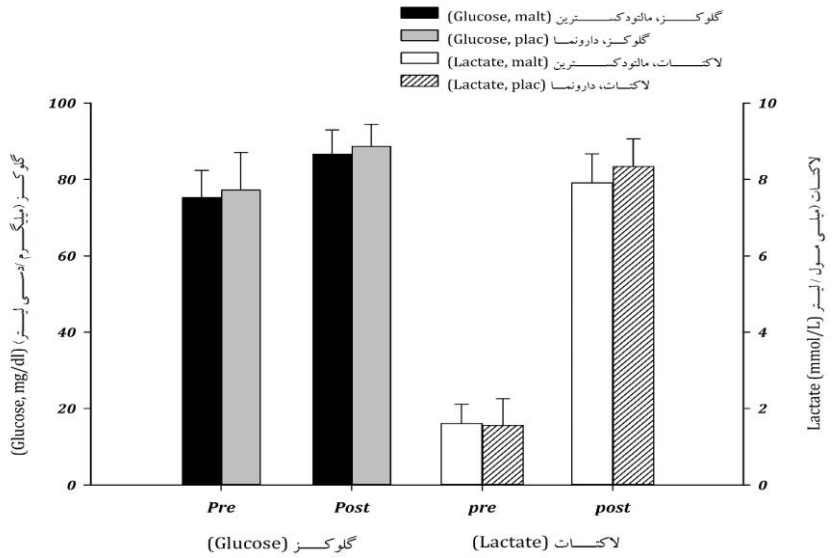


شکل ٤: مقایسه فعالیت الکتریکی عضله راست رانی در حین فعالیت استقامتی وامانده‌ساز دوچرخه‌سواری در شرایط CMR و PLA .* تفاوت معنی‌دار بین دو شرایط (p<0.05)

گلوکز و لاکتات: نتایج آزمون تی همبسته نشان داد که بین مقادیر لاکتات خون در حالت استراحت ($t_{(9)}$=0.38; p=0.7)، و نیز پس از رسیدن به واماندگی ($t_{(9)}$=-1.4; p=0.17) در شرایط CMR و PLA تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. مقادیر لاکتات خون در شرایط CMR از ۱/۶ میلی‌مول در لیتر در حالت استراحت به ۷/۹ میلی‌مول در لیتر (افزایش ۳۹۰ درصدی) در زمان رسیدن به واماندگی افزایش یافت. در شرایط PLA نیز مقادیر لاکتات از ۱/۵ میلی‌مول در لیتر در حالت استراحت به بیش از ۸/۳ میلی‌مول در لیتر (افزایش ۴۵۴ درصدی) در زمان رسیدن به واماندگی افزایش یافت (شکل ۵). همچنین، نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که در متغیر گلوکز خون، تفاوت معنی‌داری بین شرایط CMR و PLA در حالت استراحتی ($t_{(9)}$=-0.57; p=0.58) و زمان رسیدن به واماندگی ($t_{(9)}$=-0.52; p=0.61) وجود ندارد. نتایج همچنین نشان داد که مقادیر گلوکز خون در شرایط CMR از ۷۵/۳ میلی‌گرم در دسی‌لیتر در حالت استراحت به ۸۶/۶ میلی‌گرم در دسی‌لیتر (افزایش ۱۵ درصدی) در زمان رسیدن به واماندگی افزایش یافت. این تغییر در شرایط PLA از ۷۷/۲ میلی‌گرم در دسی‌لیتر در حالت استراحت به ۸۸/۷ میلی‌گرم در دسی‌لیتر (افزایش ۱۴/۹ درصدی) در زمان رسیدن به واماندگی افزایش یافت (شکل ۵).

میزان درک فشار (RPE) و ضربان قلب (HR): نتایج آزمون تحلیل واریانس دو راهه با اندازه‌گیری‌های مکرر در خصوص متغیر RPE نشان داد که تعامل معنی‌داری بین عامل "زمان و مداخله" وجود ندارد ($F_{(6,54)}$=0.77; p=0.42). با توجه به عدم معنی‌داری اثر تعامل، بررسی اثر اصلی مداخله نشان داد که در متغیر RPE بین شرایط CMR و PLA در هیچ‌یک از مقاطع زمانی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($F_{(1,9)}$=4.96;

(p=0.053). همچنین بررسی اثر اصلی زمان نشان داد که صرف نظر از نوع مداخله، در متغیر RPE بین مقاطع زمانی مشخص شده تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($F_{(6,54)}$=71.17; p=0.0001) (شکل ۶).



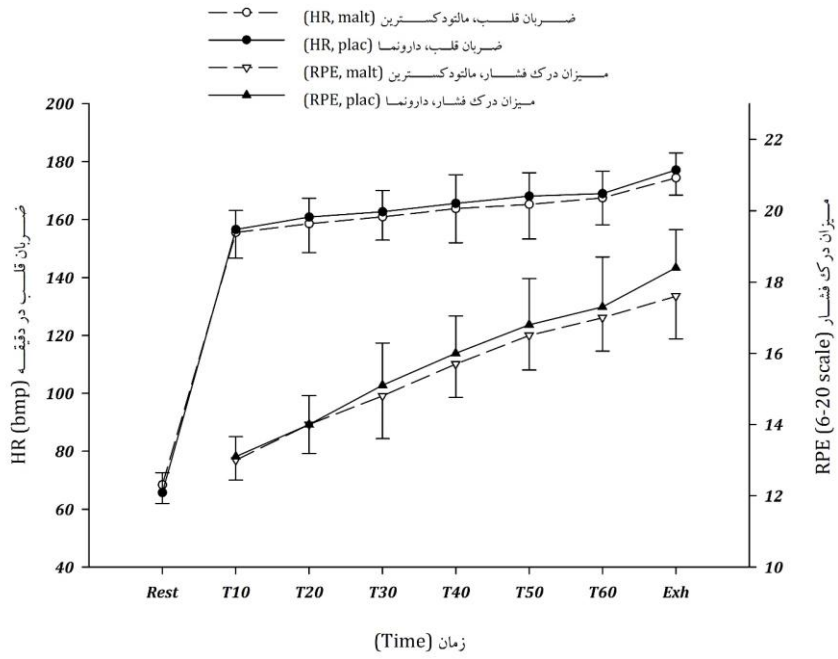
شکل ۵: مقایسه میزان گلوکز و لاکتات خون در حالت استراحت و رسیدن به واماندگی در دو شرایط CMR و PLA. پس از رسیدن به واماندگی، بین شرایط استفاده از مالتودکسترین و شرایط دارونما در میزان گلوکز و لاکتات خون تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (p<0.05)

از سوی دیگر، نتایج تجزیه و تحلیل آماری در خصوص متغیر HR تعامل معنی‌داری را بین عامل "زمان و مداخله" نشان داد ($F_{(7,63)}$=1; p=0.0001). با توجه به وجود اثر تعامل در متغیر HR، اثر سادهٔ مداخله به‌صورت جداگانه برای هر مقطع زمانی و با استفاده از آزمون تی همبسته مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که در هیچ‌یک از مقاطع زمانی تفاوت معنی‌داری بین متغیر HR در شرایط CMR و PLA وجود نداشت (p>0.05). از سوی دیگر، با توجه به معنی‌داری اثر تعامل، اثر سادهٔ زمان نیز با استفاده از آزمون آنوای یک‌راهه با اندازه‌گیری-های مکرر به تفکیک هر شرایط (CMR و PLA) مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که در شرایط CMR و شرایط PLA، تفاوت معنی‌داری بین متغیر HR در مقاطع زمانی مشخص شده وجود داشت (p≤0.05) (شکل ۶).

بحث و بررسی

مهمترین یافته‌های اصلی مطالعه حاضر به شرح زیر بود: (۱) افزایش زمان رسیدن به واماندگی در فعالیت استقامتی وامانده‌ساز دوچرخه‌سواری در شرایط CMR در مقایسه با شرایط دارونما، (۲) حفظ فعالیت الکتریکی عضله پهن جانبی در حین فعالیت استقامتی وامانده‌ساز دوچرخه‌سواری در شرایط CMR در مقایسه با شرایط دارونما. در مطالعه حاضر شستشوی دهان با CHO در حین یک فعالیت دوچرخه‌سواری موجب افزایش زمان

رسیدن به واماندگی در مقایسه با شرایط دارونما شد. مطالعات اندکی به بررسی تاثیر شستشوی دهان با CHO بر روی زنان پرداخته است. در یک مطالعه که عدم تاثیر شستشوی دهان با CHO را نشان داد، شرکت کنندگان ترکیبی از زنان یائسه و غیر یائسه بودند که زنان غیر یائسه در مرحله اولیه فولیکولی (روزهای ۳–۹) مورد آزمایش قرار گرفتند (۱۴). در یک مطالعه‌ی دیگر، تاثیر شستشوی دهان با CHO را بر روی ۹ مرد و ۷ زن بررسی شد. در این مطالعه نیز زنان در مرحله اولیه فولیکولی (روزهای ۳–۹) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج این مطالعه نشان داد که شستشوی دهان با ساکاروز موجب بهبود عملکرد اجرایی هر دو جنس زن و مرد شد و هیچ تفاوتی در عملکرد اجرایی در هر دو جنس زن و مرد مشاهده نشد. از محدودیت‌های این مطالعه تعداد کم شرکت کنندگان زن بود، که با این حجم از شرکت‌کنندگان زن به راحتی نمی‌توان نتایج این مطالعه را به زنان تعمیم دهیم (۲۳).



شکل ٦: مقایسه مقادیر RPE و HR در پاسخ به فعالیت استقامتی وامانده‌ساز در دو شرایط CMR و PLA ($p<0.05$)

نتایج تحقیق حاضر با نتایج مطالعه کریسن تاپولس (۲۰۱۸) همخوانی نداشت در حالی که کونشی (۲۰۱۷) نتایج مشابهی را گزارش کرده بود. به نظر می‌رسد یکی از دلایل عدم همخوانی نتایج حاضر با نتایج مطالعه کریسن تاپولس (۲۰۱۸) می‌تواند به این دلیل باشد شرکت‌کنندگان ترکیبی از زنان یائسه و غیر یائسه بودند. این در حالیست که در مطالعه حاضر همه شرکت‌کنندگان غیر یائسه و در مرحله نزدیک به تخمک‌گذاری یا شرایط استروژن زیاد (روزهای پنجم و دوازدهم) مورد آزمایش قرار گرفتند. شواهد قانع کننده‌ای ارائه شده است که در طی مرحله نزدیک تخمک‌گذاری، سطح β۱۷–استرادیول در مقایسه با فاز لوتئال (LP) و فاز اولیه فولیکولی

نسبتا زیادتر است همین امر موجب تقویت واکنش سیستم پاداش زنان در مرحله میانی فولیکولی می‌شود (۲۴،۲۵). با توجه به اینکه شستشوی دهان با CHO از طریق تحریک گیرنده‌های مزه واقع در دهان سبب تحریک و فعال‌سازی مناطق مرتبط با کنترل موتور، پاداش و لذت (سیستم دوپامینرژیک) در مغز می‌شود (۱۳) و از سوی دیگر نتایج مطالعات متعدد نشان می‌دهد که استروئیدهای تخمدان به راحتی از سد خونی مغز عبور کرده و می‌توانند مکانیسم‌های پاداش مغز را تحت تاثیر قرار دهند. لذا به نظر می‌رسد، در مطالعه حاضر تاثیر مثبت شستشوی دهان با CHO بر عملکرد زنان ممکن است به دلیل نقش شستشوی دهان با CHO بر فعال‌سازی سیستم دوپامینرژیک از یک طرف و سطح استروژن بالا در فاز فولیکولی بوده که موجب هم‌افزایی اثر ارگوژنیک شستشوی دهان با CHO شده است.

در مطالعه حاضر، شستشوی دهان با CHO در مقایسه با دارونما موجب حفظ فعالیت الکتریکی عضله پهن خارجی در حین فعالیت استقامتی وامانده‌ساز شد، در حالی که شستشوی دهان با CHO در مقایسه با دارونما تاثیر معنی‌داری بر فعالیت الکتریکی عضله راست رانی نداشت. در یک مطالعه، باستز و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که شستشوی دهان با CHO موجب حفظ فعالیت الکتریکی عضله پهن خارجی شد (۱۰). در همین راستا جفریس و همکاران به بررسی تاثیر شستشوی دهان با CHO بر خستگی عصبی–عضلانی پرداخته‌اند، نتایج این مطالعه نشان داده است که شستشوی دهان با CHO موجب کاهش خستگی عصبی– عضلانی که در طول فعالیت دوچرخه‌سواری شد (۱۲). با این وجود، بسیاری از مطالعات پیشین بر روی مردان انجام گرفته و علیرغم توسعه و توجه به ورزش بانوان، مطالعات هدفمندی در این زمینه در بانوان انجام نپذیرفته است. این اولین مطالعه‌ای است که تأثیر شستشوی دهان CHO بر روی سیگنال EMG را حین انجام فعالیت بدنی در زنان را مورد بررسی قرار داده است. بنابراین داده‌های محدودی در ادبیات مربوط به شرکت‌کنندگان زن برای مقایسه مستقیم وجود دارد. به نظر می رسد. در حمایت از این یافته، گزارش شده است فعال‌سازی ارادی عضلات اسکلتی توسط سیستم اعصاب مرکزی حاصل بر هم کنش عوامل متعددی است که نهایتا تعیین کننده مهاری یا تحریکی بودن برون داد نورون‌های‌حرکتی به عضلات هدف است. از یک سو برون دادهای حسی ناشی از سیستم پیرامونی سبب فعال سازی سیستم مهاری شده و با این کار برون داد قشر حرکتی را کاهش می‌دهد، در حالیکه درون‌دادهای انگیزشی سبب فعال‌سازی سیستم تحریکی و افزایش برون داد قشر حرکتی به سیستم پیرامونی می‌شود (۲۶) علاوه بر این همانطور که پیشتر عنوان شد، بین سیستم دوپامینرژیک و هورمون‌های استروئیدی غدد جنسی زنان تعامل وجود دارد (۱۶،۲۷)، در زنان در فاز میانه فولیکولی سطح استروزن بالا موجب تقویت واکنش سیستم پاداش می‌شود (۱۷). در واقع ممکن است که حفظ فعالیت الکتریکی عضله پهن جانبی در مطالعه حاضر به دلیل نقش شستشوی دهان CHO در مقایسه با دارونما بر فعال‌سازی سیستم دوپامینرژیک از یک طرف و سطح استروژن بالا در فاز میانه فولیکولی بوده که موجب فعال‌سازی سیستم تحریکی و افزایش برون داد قشر حرکتی به سیستم پیرامونی شده است. در نتیجه، ممکن است بهبود احساس پاداش / لذت یکی از عوامل حفظ فعالیت الکتریکی عضله پهن خارجی در مطالعه حاضر باشد. این امر به نوبهٔ خود می‌تواند یکی از دلایل احتمالی طولانی شدن زمان رسیدن به واماندگی در شرایط CMR در این مطالعه باشد. با این حال، نکتهٔ قابل توجه این بود که در مطالعهٔ حاضر، اثر مشابهی در خصوص عضلهٔ راست رانی مشاهده نشد که می‌تواند به این دلیل باشد که عضله پهن خارجی درفعالیت دوچرخه‌سواری نسبت به دیگر عضلات بیشتر فعال (به کار برده) می‌شود (۲۸).

در مطالعه حاضر اندازه‌گیری گلوکز و لاکتات خون به عنوان عوامل کنترلی جهت درک بهتر مکانیسم‌های احتمالی استفاده شد. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری در سطح گلوکز و لاکتات بین دو شرایط CHO و دارونما مشاهده نشد. به نظر می‌رسد که اثر مثبت در عملکرد و فعالیت الکتریکی عضله پهن خارجی در حالت شستشوی دهان با CHO با یک مسیر غیر متابولیک همراه بوده و با مسیر متابولیک گلوکز و لاکتات ارتباطی ندارد. با این حال، تاثیر شستشوی دهان با CHO بر فعالیت الکتریکی عضله پهن خارجی و زمان رسیدن به واماندگی در این مطالعه مشاهده شد. این نشان می‌دهد که اثر شستشوی دهان با CHO از طریق یک مسیر غیرمتابولیک موجب بهبود عملکرد می‌شود. از این رو، نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که اثر ارگوژنیک شستشوی دهان با CHO با فعال کردن مسیرهای پاداش انگیزشی احتمالاً می‌توانند بدون افزایش سطح انرژی متابولیکی در حفظ عملکرد زنان نقش داشته باشند. شستشوی دهان با CHO موجب تغییر پاسخ HR و RPE نشد و اثر متقابل معنی‌داری بین شرایط CHO و PLA مشاهده نشد، اما تأثیرات اصلی آن در زمان وجود داشت. این نشان می‌دهد که شستشوی دهان با CHO بر ضربان قلب و بر میزان درک تلاش تأثیر نمی‌گذارد. یا ممکن است استدلال شود که تفاوت‌های احتمالی در احساس ذهنی از فشار بسیار اندک است که با استفاده از روش RPE استفاده می‌شود. به نظر می‌رسد که اثر مثبت شستشوی دهان با CHO بر عملکرد و فعالیت الکتریکی عضله VL به میزان درک فشار و ضربان قلب ارتباطی ندارد، و بهبود در عملکرد و حفظ فعالیت الکتریکی عضله پهن خارجی به طور جداگانه از میزان درک تلاش و ضربان قلب در حین تمرین اتفاق می‌افتد. جالب توجه است، در یک مطالعه قبلی شواهدی از کاهش خستگی عصبی- عضلانی با شستشوی دهان با CHO را در مقایسه با PLA یافت شد که هیچ تفاوتی در ضربان قلب و یا میزان درک تلاش در دو شرایطCHO و PLA مشاهده نشد (۱۲).

نتیجه‌گیری

از آنجا که استراتژی شستشوی دهان با CHO در انجمن پزشکی ورزشی کالج آمریکا تایید شده است و مطالعات متعددی به بررسی جنبه های مختلف CMR پرداخته‌اند، اما اکثر این مطالعات بر روی مردان بوده و در مورد زنان تحقیقات بسیار اندکی انجام گرفته است، بنابراین تحقیقات در مورد تاثیر CMR بر عملکرد زنان نیاز به پیگیری-های گسترده دارد. بر همین اساس و بر مبنای نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که شستشوی دهان با CHO می‌تواند بر عملکرد زنان تاثیر مثبت داشته باشد. از دیگر ویژگی‌های مهم تحقیق پیش رو اندازه‌گیری فعالیت الکتریکی عضلات پهن خارجی و راست رانی بود. این اندازه‌گیری نتایج جالب و جدیدی را به همراه داشت چرا که نشان داده شد شستشوی دهان با CHO موجب حفظ فعالیت الکتریکی عضله پهن خارجی شد. با این حال تاثیر زیادی بر RPE و HR در طول تمرین دوچرخه‌سواری نداشت. مطالعات بیشتر برای تعیین تأثیر شستشوی دهان با CHO در زنان، مانند استفاده از MRI فانکشنال برای بررسی فعال سازی سیستم دوپامینرژیک و تحریک مغناطیسی ترانس کرانیال برای بررسی خستگی مرکزی در فازهای مختلف قاعدگی ضروری است. در یک جمع‌بندی کلی می‌توان چنین بیان نمود که نتایج تحقیق حاضر نشان داد شستشوی دهان با CHO بر عملکرد زنان نیز همانند مردان تاثیر مثبت دارد. این امر از نقطه نظر کاربردی برای زنان ورزشکاری که با مصرف مایعات دچار مشکلات گوارشی می‌شوند و از مصرف مایعات در حین تمرین امتناع می‌کنند، از اهمیت زیادی برخوردار است و می‌تواند به‌عنوان یک استراتژی موثر مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از رساله دکتری فیزیولوژی ورزشی است. از همکاری شرکت انرژی موتور، سرکار خانم ریحانه نوروزی و تمامی شرکت کنندگان در این مطالعه صمیمانه قدردانی می شود.

تضاد منافع

در این تحقیق نویسندگان هیچ گونه تضاد منافعی ندارند.

منابع

1. Bailey, S.P., et al., Impact of prolonged exercise in the heat and carbohydrate supplementation on performance of a virtual environment task. Military medicine, 2008. 173(2): p. 187-192.
2. Thomas, D.T., K.A. Erdman, and L.M. Burke, American college of sports medicine joint position statement. nutrition and athletic performance. Medicine and science in sports and exercise, 2016. 48(3): p. 543-568.
3. Carter, J.M., A.E. Jeukendrup, and D.A. Jones, The effect of carbohydrate mouth rinse on 1-h cycle time trial performance. Medicine and science in sports and exercise, 2004. 36(12): p. 2107-2111.
4. Chambers, E., M. Bridge, and D. Jones, Carbohydrate sensing in the human mouth: effects on exercise performance and brain activity. The Journal of physiology, 2009. 587(8): p. 1779-1794.
5. Fraga, C., et al., Carbohydrate mouth rinse enhances time to exhaustion during treadmill exercise. Clinical physiology and functional imaging, 2017. 37(1): p. 17-22.
6. Carter, J.M., et al., The effect of glucose infusion on glucose kinetics during a 1-h time trial. Medicine and Science in Sports and Exercise, 2004. 36(9): p. 1543-1550.
7. Lambert, G.P., et al., Fluid tolerance while running: effect of repeated trials. International journal of sports medicine, 2008. 29(11): p. 878-882.
8. Pfeiffer, B., et al., Nutritional intake and gastrointestinal problems during competitive endurance events. Med Sci Sports Exerc, 2012. 44(2): p. 344-51.
9. Ferreira, A.M., et al., The effect of carbohydrate mouth rinse on performance, biochemical and psychophysiological variables during a cycling time trial: a crossover randomized trial. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 2018. 15(1): p. 1-9.
10. Bastos-Silva, V.J., et al., Carbohydrate mouth rinse maintains muscle electromyographic activity and increases time to exhaustion during moderate but not high-intensity cycling exercise. Nutrients, 2016. 8(3): p. 49.
11. Gant, N., C.M. Stinear, and W.D. Byblow, Carbohydrate in the mouth immediately facilitates motor output. Brain research, 2010. 1350: p. 151-158.
12. Jeffers, R., et al., The effect of a carbohydrate mouth-rinse on neuromuscular fatigue following cycling exercise. Applied physiology, nutrition, and metabolism, 2015. 40(6): p. 557-564.
13. Rollo, I., et al., Influence of mouth rinsing a carbohydrate solution on 1-h running performance. Medicine and science in sports and exercise, 2010. 42(4): p. 798-804.
14. Chryssanthopoulos, C., et al., Carbohydrate mouth rinse does not affect performance during a 60-min running race in women. Journal of sports sciences, 2018. 36(7): p. 824-833.
15. Konishi, K., et al., Mouth rinsing with a carbohydrate solution attenuates exercise-induced decline in executive function. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 2017. 14(1): p. 1-8.
16. Creutz, L.M. and M.F. Kritzer, Mesostriatal and mesolimbic projections of midbrain neurons immunoreactive for estrogen receptor beta or androgen receptors in rats. Journal of Comparative Neurology, 2004. 476(4): p. 348-362.

17. Dreher, J.-C., et al., Menstrual cycle phase modulates reward-related neural function in women. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2007. 104(7): p. 2465-2470.
18. Inghilleri, M., et al., Ovarian hormones and cortical excitability. An rTMS study in humans. Clinical Neurophysiology, 2004. 115(5): p. 1063-1068.
19. Borg, G.A., Psychophysical bases of perceived exertion. Medicine & science in sports & exercise, 1982.
20. Carter, J., A. Jeukendrup, and D. Jones, The effect of carbohydrate mouth rinse on 1-h cycle time trial performance. Medicine & Science in Sports & Exercise, 2004. 36(12): p. 2107-2111.
21. Hermens, H.J., et al., Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. Journal of electromyography and Kinesiology, 2000. 10(5): p. 361-374.
22. Bini, R.R., et al., Physiological and electromyographic responses during 40-km cycling time trial: Relationship to muscle coordination and performance. Journal of Science and Medicine in Sport, 2008. 11(4): p. 363-370.
23. Konishi, K., et al., Mouth rinsing with a carbohydrate solution attenuates exercise-induced decline in executive function. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 2017. 14(1): p. 45.
24. Harada, M., et al., Measurement of variation in the human cerebral GABA level by in vivo MEGA- editing proton MR spectroscopy using a clinical 3 T instrument and its dependence on brain region and the female menstrual cycle. Human brain mapping, 2011. 32(5): p. 828-833.
25. Epperson, C.N., et al., Cortical γ-aminobutyric acid levels across the menstrual cycle in healthy women and those with premenstrual dysphoric disorder: A proton magnetic resonance spectroscopy study. Archives of general psychiatry, 2002. 59(9): p. 851-858.
26. Tanaka, M. and Y. Watanabe, Supraspinal regulation of physical fatigue. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 2012. 36(1): p. 727-734.
27. BeCker, J.B. and J.-H. Cha, Estrous cycle-dependent variation in amphetamine-induced behaviors and striatal dopamine release assessed with microdialysis. Behavioural brain research, 1989. 35(2): p. 117-125.
28. Bieuzen, F., et al., Muscle activation during cycling at different cadences: effect of maximal strength capacity. Journal of Electromyography and Kinesiology, 2007. 17(6): p. 731-738.

The effect of carbohydrate mouth rinse on time to exhaustion and muscle electromyographic activity of female athletes during a sub-maximal cycling task

Azam Darvishi[1], Rahim Mirnasouri[1*], Masoud Rahmati[1], Ehsan Amiri[2].

1 Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Literature and Humanities, Lorestan University, Khoramabad, Iran
2 Department of Exercise Physiology, Sport Science Faculty, Razi University, Kermanshah, Iran

[*]**Corresponding author**: mirnasuri.r@lu.ac.ir

Abstract

Background and Purpose: A growing body of evidence suggests that carbohydrate mouth rinse (CMR) can enhance endurance performance. This study aimed to investigate the effect of CMR on time to exhaustion and muscle electromyographic activity of female athletes during one bout of sub-maximal cycling task.

Methodology: Ten active females visited the laboratory on 3 different occasions. In the first visit, peak power output was measured and within the second and third visit, each subject completed one bout of cycling task at 65% of peak power output until exhaustion under either CMR or placebo condition. Blood lactate and glucose were measured before and immediately after the termination of the task. During the task, heart rate, RPE, and electrical activity of the right Vastus lateralis (VL) and Rectus femoris (RF) muscles were recorded within the specified time.

Results: The results showed a significant improvement in time to exhaustion under CMR compared to the placebo condition ($p=0.007$). The electrical activity of the VL muscle was significantly higher under CMR compared to the placebo condition ($p=0.0001$). On the other hand, no significant difference was seen in the electrical activity of the Rectus Femoris muscle, blood glucose, lactate, RPE, and heart rate between the two conditions ($p>0.05$).

Conclusion: In conclusion, these results indicated that CMR could be seen as a strategy to boost endurance performance in female athletes. Besides, it seems that such an effect is mediated by CNS-related mechanisms rather than those related to carbohydrate metabolic pathways.

Key words: Carbohydrate Mouth Rinse, Muscle Electromyography, Time to Exhaustion, Female Athletes, Sub-maximal Cycling.