



Open Access

مقاله پژوهشی

تأثیر پیش شرطی سازی ایسکمی و مصرف مکمل چغندر بر عملکرد بی‌هوازی دوچرخه‌سواران مرد

نازنین خسروانیان<sup>۱</sup>، زهرا مصلی نژاد<sup>۲\*</sup>، مهرزاد مقدسی<sup>۳</sup>، هادی باشفاعت<sup>۴</sup>  
 تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۱۲ تاریخ چاپ: ۱۴۰۲/۰۶/۰۱

چکیده

**هدف:** یکی از روش‌های جدید تمرینی برای افزایش عملکرد ورزشکاران، محدودسازی جریان خون است. مصرف مکمل چغندر نیز عملکرد هوازی و بی‌هوازی را بهبود می‌بخشد هرچند این موضوع به درستی مشخص نیست. هدف از مطالعه حاضر تأثیر پیش شرطی سازی ایسکمی و مصرف مکمل چغندر بر عملکرد بی‌هوازی دوچرخه‌سواران مرد بود.

**روش شناسی:** ۱۲ دوچرخه‌سوار مرد در یک مطالعه تصادفی با طرح کانتربالانس شرکت کردند. ۶ نفر از آزمودنی‌ها به دو سوکور روزانه ۶۰ گرم مکمل چغندر حاوی ۴۰۰ میلی‌گرم نیترات و ۶ نفر دارونما (پودر زغال اخته) را به مدت یک هفته مصرف کردند. یک دوره ۷ روزه پاک‌سازی بین دو دوره مصرف مکمل و دارونما وجود داشت. پس از پایان دوره یک هفته‌ای مصرف مکمل چغندر و دارونما، آزمون‌های حداکثر توان خروجی و تایم تریل یک کیلومتر به همراه روش پیش شرطی‌سازی ایسکمی اجرا شد. پیش شرطی‌سازی ایسکمی برای تمام آزمودنی‌ها، شامل ۴ دوره ۵ دقیقه‌ای انسداد و خون‌رسانی مجدد با استفاده از کاف با پهنای ۱۵ سانتی‌متر و فشار ۲۲۰ میلی‌متر جیوه که در بالاترین قسمت پاها اعمال گردید. از روش آماری شاپیروویلیک و اندازه‌گیری مکرر برای بررسی داده‌ها استفاده شد.

**یافته‌ها:** پیش شرطی‌سازی ایسکمی به طور معناداری حداکثر توان بی‌هوازی را نسبت به شرایط کنترل افزایش داد ( $P=0/027$ ). زمان تایم تریل یک کیلومتر پس از پیش شرطی‌سازی ایسکمی ( $P=0/014$ ) و همچنین پس از مصرف مکمل چغندر به همراه پیش شرطی‌سازی ایسکمی نسبت به شرایط کنترل به طور معناداری کمتر بود ( $P=0/008$ ).

**نتیجه‌گیری:** با توجه به نتایج پژوهش حاضر، به نظر می‌رسد پیش شرطی‌سازی ایسکمی و مکمل چغندر می‌تواند عملکرد تایم تریل را در دوچرخه‌سواران مرد بهبود بخشد اما تأثیری بر حداکثر توان آنها ندارد.

**واژه‌های کلیدی:** پیش شرطی‌سازی ایسکمی، مکمل چغندر، عملکرد بی‌هوازی، دوچرخه‌سواران

۱. موسسه غیر انتفاعی زند شیراز. ۲. هیات علمی موسسه غیر انتفاعی زند شیراز. ۳. گروه تربیت بدنی واحد شیراز دانشگاه آزاد اسلامی.

۴. هیات دوچرخه سواری استان فارس

\* نشانی الکترونیک نویسنده مسئول: mosalla888@gmail.com

## مقدمه

و همچنین باعث از بین بردن التهاب و مرگ برنامه‌ریزی شده<sup>۵</sup> سلول شود و اثرات حفاظتی اعمال کند (۴). مک ایلونا<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۱۹) بیان کردند که پیش شرطی‌سازی ایسکمیک منجر به افزایش نیتريت<sup>۷</sup> در گردش خون می‌شود که در نهایت توسط آنزیم نیتريك اكساید سنتاز اندوتلیال به نیتريك اكساید تبدیل شده و اثرات فیزیولوژیک بعدی را ایجاد می‌کند. به این ترتیب پیش شرطی‌سازی ایسکمیک که در یک اندام اجرا می‌شود، حفاظت سیستمیک کل بدن را فراهم می‌کند که فراتر از محل ایسکمی است و می‌تواند منجر به افزایش جریان خون عضله و اکسیژن‌رسانی شود (۲۲).

برخی مطالعات به بررسی اثرات پیش شرطی‌سازی ایسکمیک بر عملکرد ورزشی ورزشکاران رشته‌های مختلف را بررسی کردند و اثرات مفید آن بر عملکرد شنا، دو، دوچرخه‌سواری، تمرینات مقاومتی و تناوبی را نشان داده‌اند. امروزه پیش شرطی‌سازی ایسکمیک به دلیل ویژگی ارگوتنیک خود

یکی از روش‌های جدید تمرینی برای افزایش عملکرد ورزشکاران، پیش شرطی‌سازی ایسکمیک<sup>۱</sup> (IPC) است. پیش شرطی‌سازی ایسکمیک یک روش غیرتهاجمی است که شامل ۳ الی ۴ چرخه از دوره‌های کوتاه ایسکمی<sup>۲</sup> و خون‌رسانی مجدد<sup>۳</sup> می‌باشد. این روش قبل از فعالیت و از طریق قرار دادن کاف فشار بر عضله اسکلتی انجام می‌شود (۱،۴). مفهوم پیش شرطی‌سازی ایسکمیک اولین بار توسط ماری<sup>۴</sup> و همکاران در سال ۱۹۸۶ ارائه شد. آنها اثرات حفاظتی دوره‌های کوتاه تکرار شونده ایسکمی - خون‌رسانی مجدد شریان کرونر را روی نمونه حیوانی نشان دادند (۲۴). پیش شرطی‌سازی ایسکمیک دارای مکانیسم محافظتی درون‌زایی است که آسیب‌های سلولی را به تأخیر انداخته و همچنین باعث افزایش جریان خون و بهبود عملکرد اندوتلیوم عروق می‌گردد (۳،۸).

مطالعات نشان داده است پیش شرطی‌سازی ایسکمیک می‌تواند پاسخ عصبی، هومورال و سیستمیک و به این ترتیب گیرنده‌های ویژه خود در سیستم عصبی مرکزی را فعال کرده

5. Apoptosis  
6. McIlvanna  
7. Nitrite

1. Ischemic preconditioning  
2. Ischemia  
3. Reperfusion  
4. Murry

کارآمدی میتوکندریایی، جذب گلوکز، افزایش انقباض و استراحت بهتر عضله شود. همچنین یافته‌ها نشان می‌دهد، افزایش دسترسی به نیتریک اکساید به طور منظم می‌تواند بر عملکرد عضله مؤثر باشد و باعث بهبود عملکرد ورزشی شود (۹).

ورزش دوچرخه‌سواری می‌تواند به صورت گروهی یا تک نفره اجرا شود و شامل مسابقات زیادی به صورت استقامت، نیمه‌استقامت و سرعت می‌شود. پیشرفت در عملکرد دوچرخه‌سواری، نیاز به تکنیک‌های تمرینی و تغذیه‌ی مناسب است، هرچند گرایش قابل توجهی به کاهش حجم و افزایش شدت تمرین وجود دارد. برخی مطالعات به بررسی اثرات پیش‌شرطی‌سازی ایسکمیک و مکمل چغندر به صورت جداگانه بر روی عملکرد دوچرخه‌سواری پرداخته‌اند. برای نمونه در مطالعه مک ایلونا و همکاران (۲۰۱۹)، نتایج نشان داده است که پیش‌شرطی‌سازی ایسکمیک چه به تنهایی و چه با مکمل نیترات، عملکرد ورزشی زیربیشینه را بهبود نمی‌بخشد (۲۲). در یک مطالعه نیز گزارش دادند که پیش‌شرطی‌سازی ایسکمیک اثر معناداری بر عملکرد دوچرخه‌سواران ندارد

هنوز مورد مطالعه قرار می‌گیرد زیرا ساده، غیرتهاجمی و مقرون به صرفه است و به آسانی برای افزایش عملکرد ورزشی به کار برده می‌شود (۲۱، ۵). چغندر<sup>۱</sup>، گیاهی غنی از مواد مغذی مانند قندها، ترکیبات فنولیک و اسید آسکوربیک است و به عنوان منبع غذایی نیترات در نظر گرفته می‌شود و همچنین یکی از مکمل‌هایی است که توسط ورزشکاران برای افزایش اثرات تمرینی و پیشرفت در عملکرد ورزشی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مکمل سطح نیتریک اکساید را افزایش می‌دهد که منجر به افزایش جریان خون، تبادل گازها، تکامل و کارآمدی میتوکندریایی و تقویت انقباض عضلانی می‌شود. چغندر حاوی نیترات معدنی بالایی است. نیترات توسط باکتری‌های بی-هوازی دهان به نیتريت تبدیل شده و سپس در معده به نیتریک اکساید تبدیل می‌شود. نیتريت و نیترات‌های باقی‌مانده نیز توسط گردش خون جذب می‌شوند و می‌توانند تحت شرایط هایپوکسی و اسیدوز به نیتریک اکساید تبدیل شوند. استفاده از نیترات می‌تواند جریان خون عضلات را افزایش دهد و اکسیژن‌رسانی را بهبود بخشد و باعث بهبود

کیلوگرم، قد  $175/42 \pm 5/04$  سانتی‌متر و شاخص ترکیب بدنی  $22/84 \pm 3/05$  کیلوگرم بر مترمربع به صورت داوطلبانه و در دسترس شرکت کردند. شرکت‌کنندگان از ماهیت مراحل تحقیق مطلع شدند و سپس رضایت‌نامه کتبی از آنها اخذ شد. از شرکت‌کنندگان خواسته شد هیچ مکمل ورزشی یا دارویی یا هرگونه کمک‌های ارگوژنیک، طی این دوره سه هفته مصرف نکنند. به منظور اطمینان از فشار مناسب در مداخله‌ی پیش شرطی‌سازی ایسکمیک، به صورت پایلوت، چند نفر از آزمودنی‌ها با دور اندام متفاوت مورد مطالعه قرار گرفتند. اطلاعاتی نظیر سن، سابقه ورزشی، وزن و قد و شاخص ترکیب بدنی آزمودنی‌ها ثبت گردید. تمام افراد بر اساس پرسشنامه اطلاعات پزشکی، غیر سیگاری، بدون سابقه بیماری قلبی تنفسی و ابتلا به عفونت و شرایط آلرژیک بوده و از سلامت لازم برخوردار بودند. قبل از شروع مداخله، شرکت‌کنندگان با مراحل اجرای پژوهش در آزمایشگاه خانه دوچرخه شیراز آشنا شدند. جلسه اول از همه آنها پیش‌آزمون شامل حداکثر توان خروجی و تایم تریل یک کیلومتر

(۵). این در حالی است که دومینگز<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد که مکمل‌دهی آب چغندر به صورت تک‌دوز یا چندین روز، احتمالاً عملکرد تمرین تناوبی شدید با دوره‌های کوتاه استراحت را بهبود می‌بخشد (۱۰). با توجه به اهمیت تمرین و تغذیه‌ی مناسب در دوچرخه‌سواران و نتایج متناقض در خصوص اثر پیش شرطی‌سازی ایسکمیک و مکمل چغندر بر عملکرد ورزشکاران و نبود اطلاعات در خصوص اثر ترکیبی این دو عامل بر عملکرد ورزشی دوچرخه‌سواران، لذا تحقیق حاضر با هدف تعیین تأثیر روش پیش شرطی‌سازی ایسکمیک و مصرف مکمل چغندر بر عملکرد بی‌هوازی دوچرخه‌سواران انجام شد.

### روش پژوهش

تحقیق حاضر از نوع تصادفی، کنترل شده با دارونما، کانتربالانس و به صورت دوسوکور بود که با هدف تأثیر روش پیش شرطی‌سازی ایسکمیک و مصرف مکمل چغندر بر عملکرد بی‌هوازی دوچرخه‌سواران مرد انجام شد. در این پژوهش ۱۲ دوچرخه‌سوار مرد بزرگسال شهرستان شیراز با میانگین سنی  $33/33 \pm 6/33$  سال، وزن  $70/25 \pm 9/69$

مصرف غذاهای حاوی نیترات بالا، دهان‌شویه و آدامس در دوره‌ی مصرف مکمل خودداری کنند (۱۴). لیستی از مواد حاوی نیترات به آزمودنی‌ها داده شد و از آنها درخواست شد از مصرف این مواد طی دوره تحقیق استفاده ننمایند.

**پروتکل اجرای پیش‌شرطی‌سازی ایسکمیک:** پیش‌شرطی‌سازی ایسکمیک برای هر دو گروه، ۴۰ دقیقه اجرای پیش‌شرطی‌سازی ایسکمیک شامل ۴ دوره ۵ دقیقه‌ای انسداد و خون‌رسانی مجدد با استفاده از کاف با پهنای ۱۵ سانتی‌متر و فشار ۲۲۰ میلی‌متر جیوه در زمان انسداد و ۰ میلی‌متر جیوه در زمان خون‌رسانی مجدد که در قسمت پروگزیمال ران اعمال گردید (۲۱، ۱۳، ۶). بعد از اجرای مداخله پیش‌شرطی‌سازی ایسکمیک، پنج دقیقه حرکات کششی و ۱۰ دقیقه رکاب زدن با شدت ۴ بر اساس مقیاس ارزشی بورگ به منظور گرم‌کردن انجام شد (۲).

**پروتکل تمرین‌های بی‌هوایی:** آزمون حداکثر توان خروجی با استفاده از دستگاه ترینر تکنوژیم اجرا گردید. شرکت‌کنندگان با حداکثر توان شروع به رکاب زدن کردند و میزان توان آنها در صفحه‌ی مانیتور دستگاه

در شرایط آزمایشگاهی یکسان گرفته شد. آزمون‌ها به وسیله نصب دوچرخه کورسی بر روی دستگاه ترینر تکنوژیم انجام گرفت. بر اساس نتایج این آزمون‌ها، شرکت‌کنندگان به دو گروه ۶ نفری همگن تقسیم شدند. ۶ نفر از آزمودنی‌ها به دو سوکور روزانه ۶۰ گرم مکمل چغندر حاوی ۴۰۰ میلی‌گرم نیترات و ۶ نفر دارونما (پودر زغال اخته) را به مدت یک هفته مصرف کردند. جلسه دوم و سوم، بعد از اتمام دوره‌ی ۷ روزه مصرف مکمل چغندر و دارونما بود و آزمون‌های حداکثر توان خروجی و تایم تریل یک کیلومتر به همراه پیش‌شرطی‌سازی ایسکمیک انجام شد. آخرین دوز از مکمل چغندر یا دارونما، سه ساعت قبل از اجرای آزمون‌ها بود. یک دوره ۷ روزه پاکسازی بین دو دوره‌ی مصرف مکمل و دارونما وجود داشت (۱۴).

**پروتکل مکمل دهی:** هر آزمودنی ۶۰ گرم مکمل چغندر به صورت پودر حاوی ۴۰۰ میلی‌گرم نیترات ساخت شرکت آیزاد فود ایران و دارونما (پودر زغال اخته)، به صورت دو دوز ۳۰ گرم صبح و عصر به مدت یک هفته دریافت کرد. آخرین دوز، ۳ ساعت قبل از اجرای پروتکل پیش‌شرطی‌سازی ایسکمیک بود. از همه شرکت‌کنندگان خواسته شد از

عنوان شاخص عملکرد ثبت شد. برای کسب اطلاع از تغییرات ضربان قلب، ۵ دقیقه قبل از شروع پروتکل، ضربان قلب استراحت به صورت نشسته روی صندلی، ضربان قلب حداکثر حین آزمون‌های دوچرخه‌سواری و ضربان قلب ریکاوری تا ۳ دقیقه بعد از آزمون ثبت شد (۲).

تکنوژیم به صورت لحظه‌ای نمایش داده شد. بالاترین عدد به دست آمده به عنوان توان حداکثر و شاخص عملکرد ثبت شد. ۱۰ دقیقه بعد، آزمون یک کیلومتر تایم تریل با استفاده از دستگاه ترینر تکنوژیم اجرا گردید که شرکت‌کنندگان با حداکثر توان خود ۱۰۰۰ متر را رکاب زدند. زمان اتمام ۱۰۰۰ متر، به



شکل ۱. پروتکل تحقیق

متغیرهای تحقیق، بین شرایط مختلف و آزمون بونفرونی جهت تعیین محل اختلافها در شرایط مختلف استفاده شد. محاسبه با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۴ انجام شد.

## روش‌های آماری

برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک جهت تعیین نرمال بودن توزیع داده‌ها و تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر جهت بررسی تغییرات معنی‌داری هر یک از

## یافته‌ها

در این مطالعه ۱۲ دوچرخه‌سوار مرد شرکت کردند که ویژگی‌های آنتروپومتریک است. آزمودنی‌ها در جدول شماره ۱ نشان داده شده

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد شاخص‌های آنتروپومتریک شرکت‌کنندگان

مقدار	شاخص
۳۳/۳۳±۶/۳۳	سن (سال)
۱۷۵/۴۲±۵/۰۴	قد (سانتی‌متر)
۷۰/۲۵±۹/۶۹	وزن (کیلوگرم)
۲۲/۸۴±۳/۰۵	شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)

## حداکثر توان خروجی

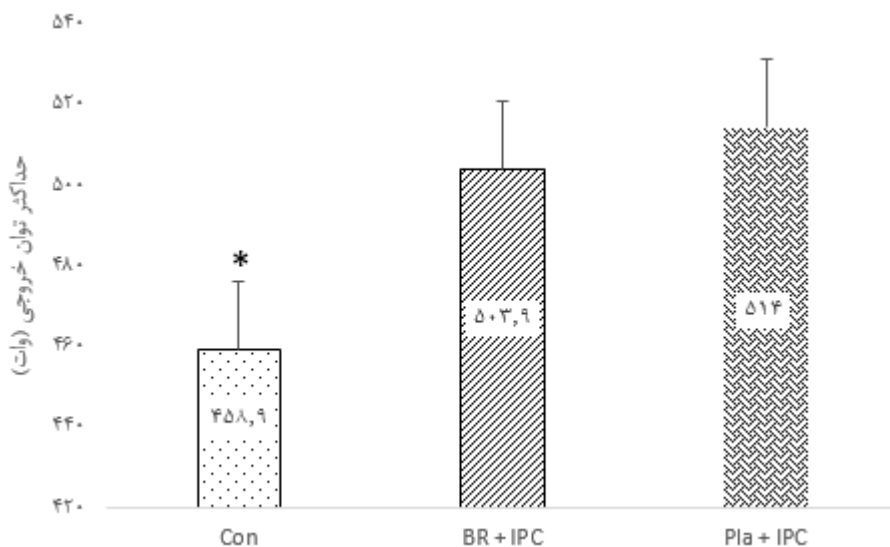
با توجه به جدول شماره ۲ نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان داد، اثر اصلی مداخله بر حداکثر توان خروجی معنادار است ( $F = ۵/۶۷$  و  $P = ۰/۰۱$ ).

جدول ۲. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌تکراری برای متغیر حداکثر توان خروجی

منبع اثر	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	Sig	Eta <sup>2</sup>
زمان	۲	۱۰۳۴۳/۴۴	۵/۶۷	۰/۰۱	۰/۳۴
خطا	۲۲	۱۸۲۱/۶۸			

نسبت به شرایط کنترل بیشتر بود اما تفاوت آماری معناداری مشاهده نشد ( $P=۰/۰۹$ ). به علاوه بین شرایط پیش‌شرطی‌سازی ایسکمیک و ترکیب آن با مصرف مکمل چغندر تفاوت آماری معناداری مشاهده نشد ( $P=۰/۹۹۹$ ).

همچنین مطابق با شکل شماره ۲ آزمون تعقیبی برون‌فرونی نشان داد، حداکثر توان خروجی پس از پیش‌شرطی‌سازی ایسکمیک به طور معناداری بیشتر از شرایط کنترل است ( $P=۰/۰۲۷$ ). با وجود این، هرچند پس از مصرف مکمل چغندر و پیش‌شرطی‌سازی ایسکمیک حداکثر توان خروجی



شکل ۲. تغییرات حداکثر توان خروجی در طول پژوهش

\* اختلاف معنی دار بین گروه کنترل و گروه دارونما + پیش شرطی سازی ایسکمیک ( $P < 0.05$ )

اصلی مداخله بر تایم تریل یک کیلومتر

معنادار است ( $F = 9/65$  و  $P = 0/001$ ).

تایم تریل یک کیلومتر

با توجه به جدول شماره ۳ نتایج آزمون تحلیل

واریانس با اندازه گیری مکرر نشان داد، اثر

جدول ۳. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه تکراری برای متغیر تایم تریل یک کیلومتر

منبع اثر	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	Sig	Eta <sup>2</sup>
زمان	۲	۱۲۶/۰۲	۹/۶۵	۰/۰۰۱	۰/۴۶
خطا	۲۲	۱۳/۰۵			

کمتر از شرایط کنترل است ( $P = 0/014$ ).

همچنین پس از مصرف مکمل چغندر به

همراه پیش شرطی سازی ایسکمیک زمان

تایم تریل یک کیلومتر نسبت به شرایط

همچنین مطابق با شکل شماره ۳، آزمون

تعقیبی برونفرونی نشان داد، زمان تایم تریل

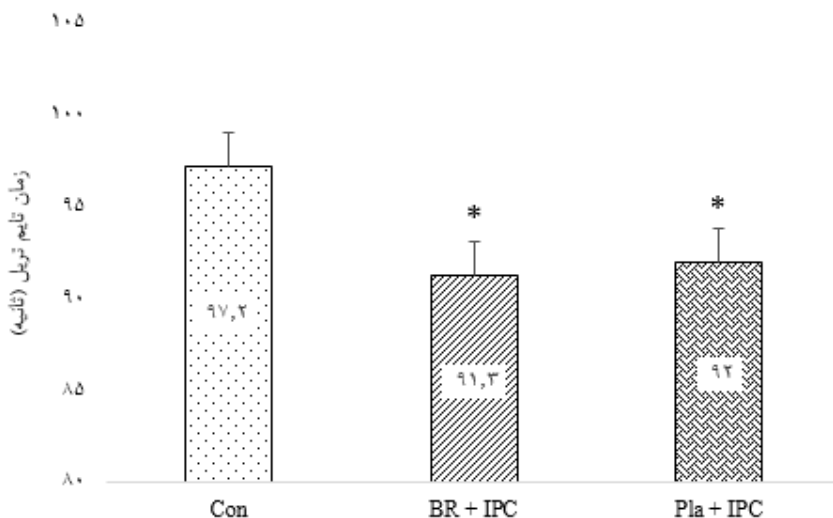
یک کیلومتر پس از پیش شرطی سازی

ایسکمیک به همراه دارونما به طور معناداری



شرطی‌سازی ایسکمیک با مصرف مکمل چغندر تفاوت آماری معناداری مشاهده نشد ( $P=۰/۹۹۹$ ).

کنترل به طور معناداری کمتر بود ( $P=۰/۰۰۸$ ). بین شرایط پیش‌شرطی‌سازی ایسکمیک به همراه دارونما و ترکیب پیش



شکل ۳. تغییرات تایم تریل یک کیلومتر در طول پژوهش

\* اختلاف معنی دار بین گروه کنترل و گروه دارونما + پیش‌شرطی سازی ایسکمیک ( $P<۰/۰۵$ )

توان خروجی ورزشکاران می‌شود (۱۳، ۲۶، ۷، ۸). برای نمونه گریفین و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که پیش‌شرطی‌سازی ایسکمیک می‌تواند حداکثر توان را حین ۳ دقیقه آزمون دوچرخه‌سواری افزایش دهد (۱۳). این افزایش عملکرد می‌تواند در نتیجه‌ی افزایش دریافت مواد مغذی و اکسیژن به بافت‌ها و عضلات توسط خون باشد، زیرا مطالعات نشان داده است که پیش

## بحث

با توجه به نتایج این مطالعه، پیش‌شرطی‌سازی ایسکمیک و مصرف مکمل چغندر منجر به بهبود عملکرد بی‌هوازی دوچرخه‌سواران مرد می‌شود. این بهبود شامل افزایش حداکثر توان خروجی و کاهش زمان تایم تریل یک کیلومتر می‌باشد. مطالعات قبلی نشان داده است که پیش‌شرطی‌سازی ایسکمیک منجر به افزایش حداکثر

دوچرخه‌سواران تمرین‌کرده قبل از تمرین با شدت بالا دارد (۱۹). پیش شرطی‌سازی ایسکمیک با واسطه‌هایی جریان خون عضله را حین ورزش افزایش می‌دهد که احتمالاً در جهت محافظت در برابر ناکارآمدی و اختلال عروقی و اندوتلیالی ناشی از ورزش و ایسکمی می‌باشد. علاوه بر این پیش شرطی‌سازی ایسکمیک حساسیت به خستگی را کاهش می‌دهد. مطالعات نشان داده است که سطح اپیوئیدهای درون‌زا بر درک از تلاش حین تمرین ورزشی و عملکرد ورزشی تأثیر می‌گذارد. به همین ترتیب اپیوئیدهای درون‌زای آزاد شده ممکن است درک از تلاش حین ورزش‌های شدید را کاهش دهد که با افزایش تلاش و عملکرد ورزشی همراه است. پیش شرطی‌سازی ایسکمیک موجب بهبود عملکرد اندوتلیال از طریق تنظیم جریان خون، عملکرد عروق و پرفیوژن، افزایش اکسیژن‌رسانی بافت در حالت استراحت می‌شود و از کاهش عملکرد عروقی بعد از ورزش شدید جلوگیری می‌کند (۳، ۲۰، ۱). پیش شرطی‌سازی ایسکمیک نیز می‌تواند منجر به اتساع عروق در اندام‌ها شود که احتمالاً به دنبال افزایش نیتریک اکساید

شرطی‌سازی ایسکمیک می‌تواند از طریق فعال کردن کانال‌های  $K-ATP$ ، آدنوزین<sup>۲</sup> و نیتریک اکساید بر عروق تأثیر بگذارد. فعال شدن کانال  $K-ATP$  یک پاسخ سمپاتیک ایجاد می‌کند که می‌تواند به افزایش نیازهای متابولیک در عضلات کمک کند. آدنوزین و نیتریک اکساید نیز یک اتساع‌کننده قوی عروق می‌باشند. از طرفی پیش شرطی‌سازی ایسکمیک مصرف  $ATP$  را کاهش می‌دهد و تولید فسفوکراتین و نیروی انقباضی را افزایش می‌دهد. پترسون و همکاران (۲۰۱۵) نیز اثرات مفید پیش شرطی‌سازی ایسکمیک بر توان خروجی را نشان داده‌اند و بیان کرده‌اند که پیش شرطی‌سازی ایسکمیک تأثیر مثبتی بر تأمین انرژی بی‌هوازی داشته است (۲۶). کیلدینگ<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۸) تأثیر پیش شرطی‌سازی ایسکمیک بر عملکرد هوازی و تایم تریل ۴ کیلومتر دوچرخه‌سواری را بررسی کردند. این محققین عنوان کردند کاهش مشاهده شده در  $VO_2$ ، بهبود اقتصاد ورزشی و عملکرد تایم تریل، هرچند اندک، نشان دهنده این است که پیش شرطی‌سازی ایسکمیک حاد، پتانسیل خاصی را به عنوان یک استراتژی در بهبود عملکرد

### 3. Kilding

1. ATP-sensitive potassium channel
2. Adenosine

چغندر به صورت حاد، اثر ارگوژنیکی بر کاهش مصرف اکسیژن در شدت مساوی یا کمتر با  $VO_{2max}$  دارد و می‌تواند زمان رسیدن به خستگی را افزایش دهد؛ و مکمل‌دهی به صورت طولانی می‌تواند باعث بهبود عملکرد در تایم تریل‌های مختلف و افزایش زمان رسیدن به خستگی در شدت زیربیشینه باشد. همراستا با نتایج مطالعه حاضر اخیراً صدیقیان راد و مهربانی (۱۴۰۰) نشان داده‌اند که مصرف همزمان کافئین و چغندر می‌تواند در بهبود عملکرد ورزشکاران استقامتی مؤثر باشد (۳۱). بهبود در زمان تایم تریل در مطالعه حاضر می‌تواند ناشی از نیتریک اکساید در گردش باشد که از طریق پیش‌شرطی سازی ایسکمیک و مکمل چغندر افزایش می‌یابد. مطالعات اخیر نشان داده‌است که پیش‌شرطی سازی ایسکمیک می‌تواند نیتریک اکساید را از طریق تنش ایجاد شده در اندوتلیال عروق و فعال شدن آنزیم نیتریک اکساید سنتاز اندوتلیالی افزایش دهد. علاوه بر این پیش‌شرطی سازی ایسکمیک منجر به افزایش جریان خون عضله، بهبود اکسیژن‌رسانی نیز می‌شود. مکمل چغندر نیز از طریق مسیر نیترات-نیتريت-نیتریک

می‌باشد. بنابراین پیش‌شرطی سازی ایسکمیک با بهبود جریان خون عضله اسکلتی از طریق حفظ عملکرد عروق و اندوتلیال می‌تواند باعث بهبود عملکرد ورزشی شود (۱۶).

یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد پیش‌شرطی سازی ایسکمیک و مصرف مکمل چغندر باعث کاهش زمان تایم تریل یک کیلومتر در دوچرخه‌سواران می‌شود. در خصوص اثر مکمل نیترات بر عملکرد بی‌هوازی و همراستا با نتایج مطالعه حاضر نیاکایرو<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که مصرف چغندر عملکرد ورزش تناوبی شدید را در بازیکنان تمرین کرده فوتبال افزایش می‌دهد (۲۵). با این حال، مک ایلوانا و همکاران (۲۰۱۹) نشان داده‌اند که پیش‌شرطی سازی ایسکمیک چه به تنهایی و چه با مکمل نیترات، عملکرد ورزشی زیربیشینه را در دوچرخه‌سواران بهبود نمی‌بخشد و مصرف اکسیژن، اکسیژن‌رسانی به عضلات و عملکرد را تغییر نمی‌دهد، این در حالی است که نیتريت پلازما افزایش قابل توجهی داشته است (۲۲). از طرفی دومینگز و همکاران (۲۰۱۷) بیان کرده‌اند که مکمل‌دهی

### 1. Nyakayiru

معناداری بیشتر از شرایط کنترل بود. همچنین زمان تایم تریل یک کیلومتر دوچرخهسواری پس از پیش شرطی‌سازی ایسکمیک و پس از مصرف مکمل چغندر به همراه پیش شرطی‌سازی ایسکمیک نسبت به شرایط کنترل به طور معناداری کمتر بود. بنابراین با توجه به این نتایج به نظر می‌رسد پیش شرطی‌سازی ایسکمیک و مکمل چغندر می‌تواند زمان تایم تریل را در دوچرخه‌سواران بهبود بخشد اما مصرف مکمل بر حداکثر توان خروجی اثری ندارد. علاوه بر این پیش شرطی‌سازی ایسکمیک به تنهایی روش مؤثری در بهبود حداکثر توان خروجی و زمان تایم تریل یک کیلومتر دوچرخه‌سواران است.

### قدردانی و تشکر

از کلیه آزمودنی‌های شرکت کننده در این تحقیق و مدیران باشگاه خانه دوچرخه شیراز که در اجرای تحقیق و در شرایط سخت پاندمی کرونا همکاری صمیمانه داشتند، کمال تشکر را داریم.

اکساید، نیتریک اکساید را افزایش می‌دهد که به عنوان کلید تعدیل‌کننده فرایندهای مرتبط با بهبود عملکرد عضله اسکلتی، شناخته می‌شود. این فرایندها شامل اتساع عروق، افزایش جریان خون و انتقال اکسیژن در عضله است و زمانی رخ می‌دهد که یک سری سیگنال به عضلات صاف در اندوتلیال عروق خون جهت اتساع و شل شدن عضلات فرستاده می‌شود که افزایش جریان خون و به دنبال آن دریافت اکسیژن بیشتر را در پی خواهد داشت. نیتریک اکساید همچنین با بهبود کارایی و تکامل میتوکندریایی، جذب گلوکز در عضلات و انقباض عضلات اسکلتی مرتبط است (۹). بنابراین پیش شرطی‌سازی ایسکمیک و مکمل چغندر به طور مستقل و ترکیب با هم می‌توانند عملکرد را بهبود بخشند.

### نتیجه‌گیری

این مطالعه به بررسی اثر پیش شرطی‌سازی ایسکمیک و مصرف مکمل چغندر بر عملکرد بی‌هوازی دوچرخه‌سواران مرد پرداخت. حداکثر توان خروجی دوچرخه‌سواری تنها پس از پیش شرطی‌سازی ایسکمیک به طور

## منابع

1. Tanaka D, Suga T, Shimoho K, Isaka T. (2021). Effect of 2-weeks ischemic preconditioning on exercise performance: A pilot study. *Front Sports Act Living*, 3: 2084-9.
2. Basharafat H, Afzalpour MI, Fallahi AA, Nazifi S, Ilbeigi S. (2017). The effects of acute interval cycling and blood flow restriction on hematologic factors of beginner cyclists. *Turk J Sport Exerc*, 19(1): 70-76.
3. Lang JA, Kim J. (2022). Remote ischaemic preconditioning – translating cardiovascular benefits to humans. *J Physiol*, 600(13): 3053-3067.
4. Caru M, Levesque A, Lalonde F, Curnier D. (2019). An overview of ischemic preconditioning in exercise performance: A systematic review. *J Sport Health Sci*, 8(4): 355-369.
5. Nelson CR, Brand CR, Chitty MR, Birger CB, Scholten SD. (2023). The acute effects of ischemic preconditioning on short-duration cycling: A randomized crossover study. *Intern J Excer Sci*, 16(6): 148-158.
6. Cocking S, Ihsan M, Jones H, Hansen C, Timothy Cable N, Thijssen DH, et al. (2021). Repeated sprint cycling performance is not enhanced by ischaemic preconditioning or muscle heating strategies. *Europ J Sport Sci*, 21(2): 166-175.
7. Crisafulli A, Tangianu F, Tocco F, Concu A, Mameli O, Mulliri G et al. (2011). Ischemic preconditioning of the muscle improves maximal exercise performance but not maximal oxygen uptake in humans. *J Appl Physiol*, 111(2): 530-536.
8. De Groot PC, Thijssen DH, Sanchez M, Ellenkamp R, Hopman MT. (2010). Ischemic preconditioning improves maximal performance in humans. *Europ J Appl Physiol*, 108(1): 141-146.
9. Domínguez R, Cuenca E, Maté-Muñoz JL, García-Fernández P, Serra-Paya N, Estevan MCL, et al. (2017). Effects of beetroot juice supplementation on cardiorespiratory endurance in athletes. A systematic review. *Nutrients*, 9(1): 43.
10. Domínguez R, Maté-Muñoz JL, Cuenca E, García-Fernández P, Mata-Ordoñez F, Lozano-Estevan MC, et al. (2018). Effects of beetroot juice supplementation on intermittent high-intensity exercise efforts. *J Intern Society Sport Nutr*, 15(1): 2.
11. Ferreira TN, Sabino-Carvalho JL, Lopes TR, Ribeiro IC, Succi JE, Da Silva AC, et al. (2016). Ischemic preconditioning and repeated sprint swimming: a placebo and nocebo study. *Med Sci Sports Exerc*, 48(10): 1967-75.
12. Garnacho-Castaño MV, Palau-Salvà G, Cuenca E, Muñoz-González A, García-Fernández P, del Carmen Lozano-Estevan M, et al. (2018). Effects of a single dose of beetroot juice on cycling time trial performance at ventilatory thresholds intensity in male triathletes. *J Intern Society Sport Nutr*, 15(1): 49.
13. Griffin PJ, Ferguson RA, Gissane C, Bailey SJ, Patterson SD. (2018). Ischemic preconditioning enhances critical power during a 3-minute all-out cycling test. *J Sport Scie*, 36(9): 1038-1043.
14. Hemmatinafar M, Mosallanezhad Z, Abdollahei MH, Yazdani H, Samsami Pour A, Kooroshfard N, et al. (2021). Beetroot Juice Supplementation Improves Fatigue, Aerobic, Anaerobic Performance and Nitrite concentration In College Soccer Players. *Razi J Med Scie*, 28(2): 81-92.

15. Hittinger EA, Maher JL, Nash MS, Perry AC, Signorile JF, Kressler J, Jacobs KA. (2015). Ischemic preconditioning does not improve peak exercise capacity at sea level or simulated high altitude in trained male cyclists. *Appl Physiol Nutr Metab*, 40(1): 65-71.
16. Horiuchi M. (2017). Ischemic preconditioning: Potential impact on exercise performance and underlying mechanisms. *J Physic Fitness Sport Med*, 6(1): 15-23.
17. Incognito AV, Burr JF, Millar PJ. (2016). The effects of ischemic preconditioning on human exercise performance. *Sport Med*, 46(4): 531-544.
18. Jodra P, Domínguez R, Sánchez-Oliver AJ, Veiga-Herreros P, Bailey SJ. (2020). Effect of beetroot juice supplementation on mood, perceived exertion, and performance during a 30-second Wingate test. *Intern J Sport Physiol Performance*, 15(2): 243-248.
19. Kilding AE, Sequeira GM, Wood MR. (2018). Effects of ischemic preconditioning on economy, VO<sub>2</sub> kinetics and cycling performance in endurance athletes. *Europ J Appl Physiol*, 118(12): 2541-2549.
20. Lalonde F, Cumier DY. (2015). Can anaerobic performance be improved by remote ischemic preconditioning? *J Strength Condition Res*, 29(1): 80-85.
21. Marocolo M, Billaut F, Da Mota GR. (2018). Ischemic preconditioning and exercise performance: an ergogenic aid for whom? *Frontiers Physiol*, 9: 1874.
22. McIlvenna LC, Muggerridge DJ, Forrest LJ, Monaghan C, Liddle L, Burleigh MC, et al. (2019). Lower limb ischemic preconditioning combined with dietary nitrate supplementation does not influence time-trial performance in well-trained cyclists. *J Sci Med Sport*, 22(7): 852-857.
23. Montoye AH, Mitchinson CJ, Townsend OR, Nemmers CH, Serkaian CN, Rider BC. (2020). Ischemic preconditioning does not improve time trial performance in recreational runners. *Intern J Exerc Scie*, 13(6): 1402.
24. Murry CE, Jennings RB, Reimer KA. (1986). Preconditioning with ischemia: a delay of lethal cell injury in ischemic myocardium. *Circulation*, 74(5): 1124-1136.
25. Nyakayiru J, Jonvik KL, Trommelen J, Pinckaers PJ, Senden J.M, Van Loon LJ, et al. (2017). Beetroot juice supplementation improves high-intensity intermittent type exercise performance in trained soccer players. *Nutrients*, 9(3): 314.
26. Patterson SD, Bezodis NE, Glaister M, Pattison JR. (2015). The effect of ischemic preconditioning on repeated sprint cycling performance. *Med Sci Sport Exerc*, 47(8): 1652-1658.
27. Porcelli S, Ramaglia M, Bellistri G, Pavei G, Pugliese L, Montorsi M, et al. (2015). Aerobic fitness affects the exercise performance responses to nitrate supplementation. *Med Sci Sports Exerc*, 47(8):1643-51.
28. Ranjbaran M, Kadkhodae M, Seifi B. (2018). Ischemic conditioning strategies for kidneys protection: From experimental findings to clinical application. *Iran J Physiol Pharmacol*, 2(4): 225-214.
29. Rokkedal-Lausch T, Franch J, Poulsen MK, Thomsen LP, Weitzberg E, Kamavuako EN, et al. (2019). Chronic high-dose beetroot juice supplementation improves time trial performance of well-trained cyclists in normoxia and hypoxia. *Nitric Oxide*, 85: 44-52.

30. Tomschi F, Niemann D, Bloch W, Predel HG, Grau M, (2018). Ischemic preconditioning enhances performance and erythrocyte deformability of responders. *Intern J Sports Med*, 39(8): 596-603.
31. Sedighian Rad M, Mehrabani J. (2021). Short-term effect of caffeine and beetroot juice supplementation on antioxidative variables and performance in endurance athletes. *J Appl Exerc Physiol*, 17(34): 31-45.



**Metabolism and Exercise**  
A biannual journal

**Vol 13, Number 1, 2023**



University Of  
Guilan

## **Effect of ischemic preconditioning and beetroot supplementation on anaerobic performance of men cyclists**

Khosravaniyan N<sup>1</sup>, Mosallanezhad Z<sup>2</sup>, Moghadasi M<sup>3</sup>, Bashafaat H<sup>4</sup>

Received: 26/02/2023

Accepted: 02/06/2023

Published: 23/08/2023

### **Abstract**

**Aim:** One of the new training methods to increase the performance of athletes is ischemic preconditioning (IPC). Beetroot supplement might improve aerobic and anaerobic performance; however, it is not well known. Therefore, the aim of the present study was to examine the effect of ischemic preconditioning and beetroot supplementation on anaerobic performance of male cyclists.

**Method:** 12 male cyclists participated in a randomized study with a crossover design. 6 of the subjects consumed 60 grams of beetroot supplement containing 400 mg of nitrate and 6 of other consume placebo for one week. There was a 7-day washout period between the two supplement and placebo periods. After completing the one-week period of beetroot supplement and placebo, maximum power output and one-kilometer time trial tests were performed along with the ischemic preconditioning method. Ischemic preconditioning for all subjects, including 4 periods of 5 minutes of occlusion and reperfusion using a cuff with a width of 15 cm and a pressure of 220 mmHg applied to the uppermost part of the legs. Shapiro-wilk test and repeated measurement were used to check the data.

**Results:** Ischemic preconditioning significantly increased maximum power compared to control ( $P=0.027$ ). Although after taking red beet supplement and ischemic preconditioning, the maximum power output was higher than the control condition, but no statistically significant difference was observed ( $P=0.09$ ). The time trial of one kilometer after ischemic preconditioning ( $P=0.014$ ) and also after consumption of beetroot supplement along with ischemic preconditioning was significantly lower than the control condition ( $P=0.008$ ).

**Conclusion:** According to the results of the present study, it seems that ischemic preconditioning and beetroot supplementation can improve time trial performance in adult male cyclists but it has not affected on maximum power output.

**Key words:** Ischemic preconditioning, beetroot supplement, anaerobic performance, cycling.

1. Zand Institute of Higher Education. 2.Zand Institute of Higher Education. 3. Shiraz Branch Islamic Azad University. 4. Cycling Institute.

\*Corresponding Aothur: mosalla888@gmail.com

