

The effects of beetroot consumption on blood pressure, heart rate, perceived exertion and the speed of running in young female athletes

Mohammad Reza Kordi¹, Maryam Salimi Nahrsooduz², Babak Hooshmand Moghadam³

1. Associate Professor, Department of Physiology and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran (Corresponding Author), Tel: 00982188351730, Email: mr.kordi@ut.ac.ir, ORCID ID: 0000-0002-6796-1696

2. Ms.c, Department of Physiology and Sports Science, University of Tehran, Tehran, Iran. ORCID ID: 0000-0002-5099-3309

3. PhD student, Department of Physiology and Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. ORCID ID: 0000-0002-2036-9492

ABSTRACT

Background and Aim: Beetroot is a rich source of antioxidants and rich in nitrates. The present study aimed to investigate the effects of beetroot consumption on blood pressure, heart rate, perceived Exertion, and the speed of running in young female athletes.

Material and Method: For this purpose, 10 young female athletes participated in this cross-over double blind study. Subjects were randomly placed into placebo (n=5) or beetroot (200 g containing 500 mg Nitrate; n=5) groups. They ran 5 Km on treadmill. The wash-out period for them was one week. Systolic and diastolic blood pressure were measured before and 3 hours after beetroot consumption and after the 5 Kilometer run. Heart rate, perceived exertion, and the speed of running at the distances of 1.6 and 3.2 kilometers were recorded. Two-way ANOVA with repeated measures and independent t-test were used for data analysis.

Results: The results showed that beetroot consumption significantly reduced systolic blood pressure before and after the exercise, and reduced diastolic blood pressure before the exercise. Heart rate was significantly decreased in beetroot group after 1.6 and 3.2 kilometers run, but no significant difference was found between beetroot and placebo groups at the end of 5 kilometer run. Perceived exertion was significantly reduced at the end of 1.6 kilometer run but not after 3.2 and 5 kilometer run in the beetroot group. The alterations in the speed of running at 1.6, 3.2 and 5 kilometers were not significantly different between the groups.

Conclusion: According to the results of this study, in addition to the health benefits of vegetables, nitrate-rich vegetables can improve performance of training.

Keywords: Beetroot consumption, Blood pressure, Heart rate, Perceived exertion, Female athletes

Received: Dec 30, 2018

Accepted: Jan 21, 2020

How to cite the article: Mohammad Reza Kordi, Maryam Salimi Nahrsooduz, Babak Hooshmand Moghadam. The effects of beetroot consumption on blood pressure, heart rate, perceived exertion and the speed of running in young female athletes. *SJKU* 2020;25(4):79-92.

Copyright © 2018 the Author (s). Published by Kurdistan University of Medical Sciences. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non Commercial License 4.0 (CCBYNC), where it is permissible to download, share, remix, transform, and buildup the work provided it is properly cited. The work cannot be used commercially without permission from the journal

تأثیر مصرف چغندر بر فشارخون، ضربان قلب، میزان درک فشار تمرین و سرعت دویدن دختران جوان ورزشکار

محمدرضا کردی^۱، مریم سلیمی نهرسولدوز^۲، بابک هوشمند مقدم^۳

۱. دانشیار، گروه فیزیولوژی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران (نویسنده مسئول)، تلفن: ۰۲۱۸۸۳۵۱۷۳، پست الکترونیک: mr.kordi@ut.ac.ir، کد ارکید:

۱۶۹۶-۶۷۶۹-۰۰۰۲-۰۰۰۰

۲. کارشناسی ارشد، گروه فیزیولوژی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. کد ارکید: ۰۰۰۰-۰۰۰۲-۵۰۹۹-۳۳۰۹

۳. دانشجوی دکتری، گروه فیزیولوژی و علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. کد ارکید: ۰۰۰۰-۰۰۰۲-۲۰۳۶-۹۴۹۲

چکیده

زمینه و هدف: چغندر منبع غنی از آنتی اکسیدان‌ها و سرشار از نیترات است. هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر مصرف چغندر بر فشارخون، ضربان قلب، میزان درک فشار تمرین و سرعت دویدن دختران جوان ورزشکار بود.

مواد و روش‌ها: بدین منظور ۱۰ نفر دختر جوان ورزشکار در یک مطالعه متقاطع دوسوکور، به‌عنوان گروه کنترل و گروه آزمایش مورد مطالعه قرار گرفتند. آزمودنی‌ها به دو گروه پنج‌نفری تقسیم شدند و در دو آزمون پنج کیلومتر دویدن روی تردمیل، یک‌بار پس از مصرف چغندر (۲۰۰ گرم حاوی ۵۰۰ میلی‌گرم نیترات) و یک‌بار پس از مصرف زغال‌اخته به‌عنوان دارونما شرکت کردند. فشارخون سیستولیک و دیاستولیک قبل از مصرف (چغندر و دارونما) و سه ساعت پس از مصرف و در پایان پنج کیلومتر اندازه‌گیری شد. ضربان قلب، میزان درک فشار و سرعت دویدن در مسافت‌های ۱/۶، ۳/۲ و ۵ کیلومتر اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر و t مستقل و نرم‌افزار SPSS انجام شد.

یافته‌ها: مصرف چغندر باعث کاهش معنی‌داری در فشارخون سیستولیک قبل از فعالیت و پایان پنج کیلومتر و باعث کاهش فشارخون دیاستولیک قبل از فعالیت شد ($P \leq 0/05$). همچنین باعث کاهش میزان ضربان قلب در ۱/۶، ۳/۲ کیلومتر شد و در پایان پنج کیلومتر دویدن هیچ اختلاف معنی‌داری بین مصرف چغندر و دارونما مشاهده نشد و میزان درک فشار تمرین را در مسافت ۱/۶، کاهش داد ولی در پایان ۳/۲ و پایان پنج کیلومتر بین مصرف چغندر و دارونما هیچ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، همچنین افزایش در سرعت دویدن در مسافت‌های ۱/۶، ۳/۲ و پنج کیلومتر پس از مصرف چغندر نسبت به دارونما مشاهده شد ولی این افزایش معنی‌دار نبود ($P \leq 0/05$).

نتیجه‌گیری: بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، مصرف چغندر می‌تواند کارایی تمرینی را در دختران جوان ورزشکار بهبود بخشد.

کلمات کلیدی: چغندر، فشارخون، ضربان قلب، میزان درک فشار، دختران جوان ورزشکار

وصول مقاله: ۹۷/۱۰/۹، اصلاحیه نهایی: ۹۸/۶/۲۵، پذیرش: ۹۸/۱۱/۱

مقدمه

یکی از عوامل اساسی و بسیار مؤثر که در عملکردهای ورزشی نقش کلیدی دارد، عامل تغذیه است (۱). در همین راستا، پژوهش‌های انجام‌یافته در حوزه علم تغذیه ورزشی، دامنه بسیار گسترده‌ای از اطلاعات علمی را در اختیار جامعه ورزشی قرار می‌دهد و از این‌رو در برنامه‌ریزی‌های مختلف ورزشی از اهمیت و جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (۲، ۱). از آنجایی که یکی از اهداف اصلی ورزشکاران بهبود میزان عملکرد است، ورزشکاران و مربیان در رده‌های مختلف، درصدد دستیابی به عواملی هستند که عملکردشان را روزه‌به‌روز ارتقا دهند؛ بنابراین، علاوه بر برنامه‌های تمرینی، در حوزه علم تغذیه، هر عاملی که بتواند علاوه بر تأمین انرژی، عملکرد را به نحو مطلوب بهبود بخشد، حائز اهمیت است (۳-۱). آگاهی مربیان و ورزشکاران از اهمیت علم تغذیه، ساختار و ترکیبات مختلف مواد غذایی و متابولیسم آن‌ها، از عوامل موفقیت و کسب رکوردهای بهتر است (۱، ۴). در این میان، همانند سایر علوم که با کسب پیشرفت، عوامل منفی اثرگذار نیز رشد می‌یابد، در حوزه علم تغذیه نیز استفاده از داروها و محرک‌ها و مواد نیروزا عرصه‌ای گسترده فراهم آورده است و افرادی را که بدون داشتن آگاهی از خطرات فردی و اجتماعی ناشی از مصرف این گونه مواد که به دنبال کسب رکورد و پیشرفت سریع و پیشی گرفتن از رقبای خود هستند، جذب کرده که این امر رسالت پژوهشگران و مربیان علوم ورزشی را در راستای مقابله با این امر، سنگین‌تر می‌کند (۲، ۵). به نظر می‌رسد یکی از راه‌های مقابله با این پدیده شوم، تحقیق و بررسی پژوهشگران ورزشی جهت معرفی جایگزین‌های غذایی مناسب و معرفی مکمل‌های سالم و سودمند غذایی است (۱، ۶). از جمله مکمل‌های غذایی مناسب می‌توان به مکمل‌هایی که دارای نیتрат (NO_3) و نیتريت (NO_2) هستند، اشاره کرد. نیترات مواد غذایی می‌تواند به‌وسیله سبزی‌های برگ مانند سبز، مثل اسفناج و چغندر که غنی از نیترات غیر آلی هستند، یافت شود (۳). چغندر با نام علمی

beta vulgaris یک منبع عالی از آنتی‌اکسیدان‌ها و ریزمغذی‌ها از جمله پتاسیم، بتائین، سدیم، منیزیم، ویتامین C و نیترات (NO_3^-) و شامل ۳۶ کیلوکالری انرژی در هر ۱۰۰ گرم است. به نظر می‌رسد، رنگ چغندر ناشی از رنگ‌دانه‌های بنفش و زرد آن به ترتیب بتاسیانین (Betacyanin) و بتاکسانتین (Betaxanthin) باشد که روی‌هم‌رفته بتالائین (Betalains) نامیده می‌شود. این بتالائین‌ها، قابلیت بالقوه آنتی‌اکسیدانی دارند (۴). بتائین یک تری متال مشتق از آمینو اسید گلیسین (Amino acid Glycine) است (۵) که منجر به ترویج استقامت عضلانی، قدرت و توان می‌شود (۶). نیترات (NO_3) چغندر توسط باکتری‌های درون حفره دهانی و به‌وسیله باکتری‌های خاص درون بافت‌ها مانند اگرانتین اکساید (Oxantin oxaid) به نیتريت کاهش پیدا می‌کند. چندین مسیر برای متابولیسم نیتريت (NO_2) به نیتريك اکساید (NO) و دیگر نیتروژن اکساید‌های فعال بیولوژیکی وجود دارد (۴). NO باعث اتساع عروق می‌شود و در نتیجه، باعث کاهش فشارخون می‌شود (۳). افزایش فشارخون به علت غلبه بر پس بار، باعث محدود شدن و فلات در حجم ضربه‌ای می‌شود؛ بنابراین قلب برای افزایش برون ده قلب، متناسب با نیاز بدن به ضربان قلب متکی می‌شود و ضربان قلب افزایش می‌یابد. کاهش فشارخون با افزایش حجم ضربه‌ای اجازه می‌دهد که برون ده قلبی اتکای خود به حجم ضربه‌ای را حفظ کند و ضربان ثابت بماند یا کاهش یابد (۷). NO به‌عنوان یک عامل شل‌کننده اندوتلیال شناخته‌شده است، در نتیجه از پرفشار خونی جلوگیری می‌کند. NO همچنین به‌عنوان یک پیام‌رسان ثانویه در تولید چرخه گوانوزین مونوفسفات (Guanosine monophosphat) هم عمل می‌کند و در اتساع عضلات صاف هم درگیر است (۸). شکلی از نیترات مواد غذایی از فعالیت اکسیداسیون سیتوکروم جلوگیری می‌کند که به‌موجب آن، نسبت اکسیژن به آب کاهش می‌یابد. NO خاصیت فسفوریلاسیون اکسیداتیو و همچنین

نسبت فسفات به اکسیژن به‌ویژه این نسبت را در میتوکندری افزایش می‌دهد (۹). در زمینه تأثیر مصرف چغندر بر عملکرد ورزشی، Murphy و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند، سرعت دویدن در پایان پنج کیلومتر دویدن بعد از مصرف چغندر اندکی سریع‌تر از دارونما بود (۱۲/۳ در مقابل ۱۱/۹ کیلومتر بر ساعت). در طول ۱/۶ کیلومتر بعد از مصرف چغندر نسبت به دارونما سرعت دویدن پنج درصد سریع‌تر بود (۱۳/۷ در مقابل ۱۲/۱) ولی در بخش‌های بعدی اختلافی بین مصرف چغندر و دارونما مشاهده نشد. میزان درک فشار در کل پنج کیلومتر هیچ اختلافی با دارونما را نشان نداد، فقط در طول ۱/۶ کیلومتر میزان درک فشار پس از مصرف چغندر نسبت به دارونما کاهش داشت و نشان دادند، هیچ اختلاف معنی‌داری در فشارخون و ضربان قلب پس از مصرف چغندر نسبت به دارونما دیده نشد (۱۰). lansley و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند، با مصرف ۰/۵ لیتر آب چغندر زمان اتمام چهار کیلومتر دویدن، کاهش و قدرت خروجی افزایش می‌یابد (۱۱). Bailey و همکاران (۲۰۰۹) به این نتیجه رسیدند با مصرف ۰/۵ لیتر آب چغندر در روز، زمان رسیدن به خستگی افزایش می‌یابد (۱۲). lansley و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقی دیگر نشان دادند، مصرف ۵۰۰ میلی‌لیتر آب چغندر به مدت شش روز باعث کاهش فشارخون و هزینه اکسیژن طی راه رفتن و دویدن می‌شود (۱۳). Bond و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند، مصرف ۵۰۰ میلی‌لیتر آب چغندر، ۱۲۰ دقیقه قبل از آزمون، NO پلاسما را افزایش، اکسیژن مصرفی، فشارخون سیستمولیک را در حالت استراحت و در ۴۰، ۶۰، ۸۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی کاهش و هیچ تأثیر معنی‌داری بر فشارخون دیاستولیک، ضربان قلب، برون ده قلبی نشان نداد (۱۴). با این حال، شواهد علمی نشان داده است، آب چغندر موجب کاهش زمان اتمام فعالیت (۱۱، ۱۰)، افزایش تأخیر در زمان رسیدن به واماندگی (۱۱)، کاهش حالت پایدار اکسیژن برداشتی، افزایش توان اوج و همچنین افزایش سرعت کار در آستانه تبادل گاز می‌شود (۱۵). با این حال هنوز مشخص نیست، آیا مصرف چغندر تام، به‌عنوان

عاملی برای افزایش جذب نیترات، اثرات ارگوژنیک دارد یا خیر؟ از آنجاکه در داخل کشور تحقیقی در مورد تأثیر مصرف چغندر بر عملکرد ورزشی به عمل نیامده و فقط تعداد اندکی تحقیق در خارج از کشور انجام شده است و به دلیل نتایج متفاوتی که از تحقیقات به‌دست آمده و همچنین به دلیل اندک بودن تحقیق روی چغندر تام، انجام این تحقیق ضروری به نظر می‌رسد؛ بنابراین هدف از این مطالعه تأثیر مصرف چغندر بر فشارخون، ضربان قلب، میزان درک فشار تمرین و سرعت دویدن دختران جوان ورزشکار بوده است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع مداخله‌ای متقاطع است. جامعه آماری این پژوهش شامل تمام دانشجویان دانشگاه پیام نور مشکین شهر با دامنه سنی ۲۲ تا ۲۷ ساله بودند. بعد از تکمیل پرسشنامه تندرستی و فعالیت بدنی، از بین افراد واجد شرایط و داوطلب ۱۰ نفر به‌عنوان نمونه انتخاب شدند. در این مطالعه آزمودنی‌ها در دو زمان و در دو گروه مورد مطالعه قرار گرفتند؛ به‌طوری‌که همه آزمودنی‌ها هم به‌عنوان گروه کنترل و هم به‌عنوان گروه آزمایش بررسی شدند. معیار تعیین اندازه نمونه، نوع خاص روش، طرح پژوهش و پیشینه پژوهشی بود. ابتدا اطلاعات و آگاهی‌های لازم درباره چگونگی انجام پژوهش و مراحل آن به آزمودنی‌های داوطلب داده شد. سپس به‌وسیله پرسشنامه سنجش آمادگی برای فعالیت بدنی (PAR-Q) (۱۶) اطلاعاتی درباره میزان فعالیت بدنی و سلامتی آزمودنی‌ها به دست آمد و در نهایت فرم رضایت‌نامه شرکت در آزمون به آزمودنی‌ها ارائه شد. به‌علاوه به آزمودنی‌های داوطلب توصیه شد تا از مصرف مکمل‌های غذایی و داروها خودداری کنند، فهرستی از غذاهای پر نیترات در اختیار آزمودنی‌های داوطلب قرار گرفت و از آزمودنی‌های داوطلب خواسته شد از خوردن غذاهای پر نیترات ۷۲ ساعت قبل از آزمون اجتناب کنند. همچنین از آن‌ها خواسته شد تا از خوردن کافئین و استفاده

از دهان شویه ۲۴ ساعت قبل از آزمون و از انجام تمرین‌های قدرتی ۷۲ ساعت قبل از آزمون خودداری کنند.

هر ۱۰ آزمودنی پس از شرکت در جلسه آشنایی با شرایط و محیط کار در دو جلسه آزمون پنج کیلومتر دویدن به فاصله یک هفته از هم شرکت کردند. در جلسه اول اندازه‌گیری شاخص قد، وزن و ترکیب بدنی از آزمودنی‌ها به عمل آمد. توالی رویدادها در طول آزمون بدین شکل بود: آزمودنی‌ها در ساعت هشت صبح در آزمایشگاه حضور داشتند. آزمودنی‌ها به دو گروه پنج‌نفری تقسیم شدند. در جلسه اول به گروه پنج نفر اول ۲۰۰ گرم چغندر (۵۰۰ میلی گرم نیترات) و به گروه پنج نفر دوم زغال‌اخته داده شد. قبل از مصرف چغندر یا دارونما فشارخون در حالت خوابیده از آزمودنی‌ها به عمل آمد. در طول ۱۵ دقیقه از آزمودنی‌ها خواسته شد که تمام چغندر یا دارونما را مصرف کنند بعد از سه ساعت از شروع مصرف چغندر یا دارونما دوباره فشارخون از آزمودنی‌ها گرفته شد، آزمودنی‌ها پس از پنج دقیقه انجام حرکات کششی و گرم کردن، روی تردمیل رفته و کار خود را با سرعت دلخواه که می‌توانستند با همان سرعت تا پایان پنج کیلومتر به کار خود ادامه دهند، شروع به دویدن کردند. برای به حداقل رساندن تداخل، در طول پنج کیلومتر دویدن فشارخون اندازه‌گیری نشد. ضربان قلب آزمودنی‌ها توسط ضربان سنج پلار اندازه‌گیری شد. حداکثر ضربان قلب هم با توجه به فرمول (سن - ۲۲۰) به دست آمد تا از آن برای محاسبه ضربان قلب در حین ورزش به عنوان درصدی از حداکثر ضربان قلب استفاده شود و میزان درک فشار، توسط شاخص ۶ تا ۲۰ امتیازی بورگ سنجیده شد. ضربان قلب و درک فشار در ۱/۶ کیلومتر و ۳/۲ کیلومتر و در پایان پنج کیلومتر دویدن سنجش شد. همچنین سرعت دویدن بر اساس زمان‌های ثبت شده در ۱/۶ کیلومتر و ۳/۲ کیلومتر و در پایان پنج کیلومتر سنجیده شد. آزمودنی‌ها اجازه داشتند با هر سرعتی که می‌خواستند بدون وقفه سرعت اولیه که کارشان را با آن شروع می‌کردند ثبت شد تا در جلسه بعد با همان سرعت کار خود را آغاز کنند. پس از اتمام آزمون بلافاصله

فشارخون دوباره در حالت خوابیده اندازه‌گیری شد. در جلسه بعد جای آزمودنی‌ها تغییر کرد و به گروه پنج نفر اول زغال‌اخته و به گروه پنج نفر دوم چغندر داده شد و همان شرایط جلسه اول اعمال و از آزمودنی‌ها خواسته شد با همان سرعتی که در جلسه اول شروع به دویدن کرده بودند در جلسه دوم هم با همان سرعت کار خود را آغاز کنند (زمان اندازه‌گیری متغیرها در جدول شماره ۱ قابل مشاهده است). نحوه درست کردن مکمل در این پژوهش این گونه بود که چغندر به مدت ۹۰ دقیقه در اجاق‌های تجاری پخته و به بخش‌های ۲۰۰ گرمی تقسیم شد به هر بخش ۱۵ میلی لیتر آب‌لیمو و دو میلی لیتر جوزهندی و دارچین برای طعم دار شدن اضافه شد (هر بخش از چغندر حاوی تقریباً ۸۰ کیلوکالری انرژی، ۱۵ گرم کربوهیدرات و ۵۰۰ میلی لیتر نیترات بود). دارونما در این پژوهش زغال‌اخته بود که جوشانده شد و همان مواد طعم‌دهنده به هر ۲۰۰ گرم دارونما اضافه شد. هشت گرم شکر به زغال‌اخته اضافه شد تا میزان کالری‌اش با چغندر یکسان شود (هر بخش از دارونما شامل تقریباً ۸۰ کیلوکالری انرژی و ۲۲ گرم کربوهیدرات و فاقد نیترات بود) (۱۰).

در این پژوهش قد آزمودنی‌ها با استفاده از متر نواری با دقت ۰/۱ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. آزمودنی‌ها با بر تن داشتن حداقل لباس برای چند ثانیه و بدون حرکت روی ترازوی Beurer مدل PS05 ساخت کشور آلمان ایستادند و وزن آن‌ها با دقت ۰/۱ کیلوگرم ثبت شد. درصد چربی زیرپوستی با استفاده از کالیپر Lafayette مدل 01127A ساخت کشور آمریکا و روش سه نقطه‌ای جکسون و پولاک در نواحی پشت بازو، شکم و ران سمت راست بدن اندازه‌گیری و ثبت شد. اندازه‌گیری فشارخون آزمودنی‌ها با استفاده از فشارسنج‌های جیوه‌ای ALPK2 مدل V-300 EU، ساخت کشور ژاپن و گوشی پزشکی انجام شد. فشارخون سیستولی بر اساس اولین صدای کوروتکوف و فشارخون دیاستولی بر اساس پنجمین صدای کوروتکوف اندازه‌گیری شد. همه اندازه‌گیری‌ها از دست چپ آزمودنی‌ها و در وضعیتی که دست آن‌ها موازی با سطح

قلبشان قرار داشت، گرفته شد. به منظور اندازه گیری ضربان قلب، از دستگاه ضربان سنج Beurer مدل PM80؛ ساخت کشور آلمان استفاده شد. در این پژوهش برای اجرای پروتکل تمرینی از نوار گردان مدل HP cosmos ساخت کشور آلمان استفاده شد.

تحلیل آماری برای تجزیه و تحلیل داده های این پژوهش از روش های آمار توصیفی و استنباطی استفاده شد. از آمار توصیفی برای محاسبه میانگین و انحراف استاندارد داده ها و از آمار

استنباطی برای مقایسه گروه ها باهم استفاده شد. ابتدا طبیعی بودن توزیع داده ها با استفاده از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف (K-S) تعیین شد. با توجه به نرمال بودن داده ها، از آزمون آنالیز واریانس با اندازه گیری مکرر و از آزمون t مستقل برای بررسی تغییرات درون گروهی و بین گروهی و در صورت معنی دار بودن از آزمون تعقیبی بانفرونی استفاده شد. سطح معنی داری آماری نیز ($P \leq 0.05$) در نظر گرفته شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel 2010 و برای آنالیز داده ها از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد.

جدول ۱. زمان اندازه گیری متغیرها

فشارخون	ضربان قلب	میزان درک فشار	سرعت دویدن
قبل از مصرف	پس از ۱/۶ کیلومتر	پس از ۱/۶ کیلومتر	پس از ۱/۶ کیلومتر
۳ ساعت پس از مصرف	پس از ۳/۲ کیلومتر	پس از ۳/۲ کیلومتر	پس از ۳/۲ کیلومتر
پس از اتمام ۵ کیلومتر دویدن	پس از اتمام ۵ کیلومتر دویدن	پس از اتمام ۵ کیلومتر دویدن	پس از اتمام ۵ کیلومتر دویدن

یافته ها

جدول ۲ شاخص های آنترپومتریکی آزمودنی ها را در شروع پروتکل نشان می دهد.

جدول ۲. شاخص های آنترپومتریکی آزمودنی ها

متغیر	M±SD
سن (سال)	۲۳/۴۰±۲/۵۹
قد (سانتی متر)	۱۶۳/۱±۸/۹۳
وزن (کیلوگرم)	۵۸/۲۰±۹/۵۶
درصد چربی	۲۵/۳۰±۲/۶۵
شاخص توده بدنی	۲۱/۹۲±۲/۲۱

نتایج آنالیز واریانس با اندازه گیری مکرر مربوط به متغیرها نشان داد، اثرات گروه بر فشارخون سیستمیک، دیاستولیک، ضربان قلب و سرعت دویدن معنی دار است (به ترتیب $P=0.005$ ، $P=0.037$ ، $P=0.032$ ، $P=0.042$)؛

به عبارت دیگر صرف نظر از فاصله اندازه گیری بین گروه های موردنظر در پژوهش، تفاوت معنی داری وجود دارد؛ اما اثرات گروه بر درک فشار معنی دار نیست ($P=0.341$)؛ به عبارت دیگر صرف نظر از فاصله اندازه گیری، بین

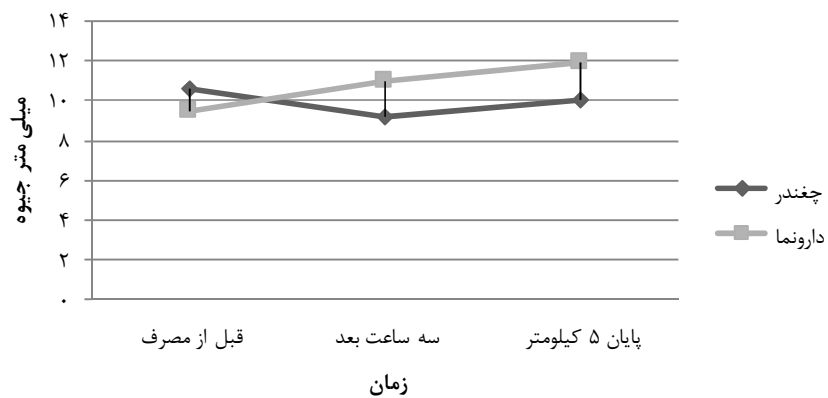
گروه‌های موردنظر در پژوهش تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. از طرفی اثر فاصله نیز بر فشارخون سیستولیک، دیاستولیک، درک فشار و سرعت دویدن معنی‌دار بود (به ترتیب $P=0/003$ ، $P=0/023$ ، $P=0/000$ ، $P=0/000$). بدین معنی که صرف‌نظر از عامل گروه، این متغیرها تحت تأثیر فاصله اندازه‌گیری قرار گرفته‌اند. از سوی دیگر اثر فاصله بر میزان ضربان قلب معنی‌دار نبود ($P=0/77$). بدین معنی که صرف‌نظر از عامل گروه میزان ضربان قلب تحت تأثیر فاصله اندازه‌گیری قرار نگرفته است. به‌منظور بررسی دقیق‌تر اثر تعامل گروه $\times$ فاصله نیز ارزیابی شد. نتایج آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر اثر این تعامل را در فشارخون سیستولیک، دیاستولیک، ضربان قلب و درک فشار را نشان داد (به ترتیب $P=0/000$ ، $P=0/001$ ، $P=0/047$ ، $P=0/019$)؛ به عبارت دیگر اثر مکمل مصرفی در گروه‌های موردنظر می‌تواند وابسته به فاصله باشد؛ اما نتایج آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر اثر این تعامل را در سرعت دویدن نشان نداد ($P=0/49$) (جدول ۳).

تجزیه و تحلیل اثر متقابل و مقایسه‌های دوتایی بین گروهی نشان داد که بین گروه‌ها تفاوت معنی‌داری در فشارخون سیستولیک و دیاستولیک وجود دارد (به ترتیب $P=0/05$ ، $P=0/04$) و با استفاده از آزمون تی مستقل مشخص شد که

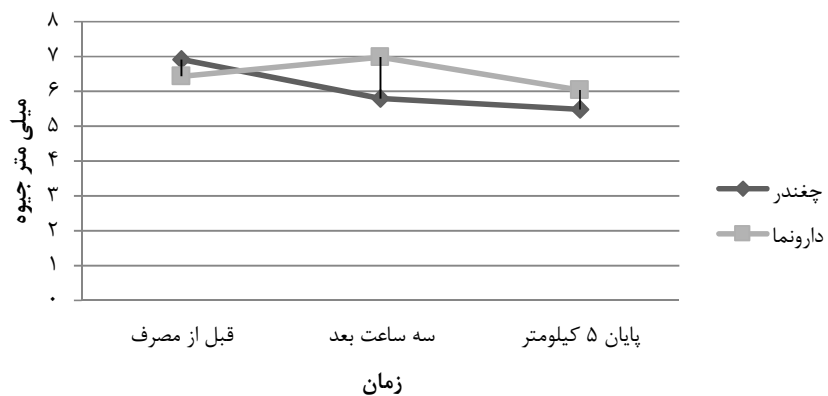
این اختلاف در مرحله پیش‌آزمون (پس از مکمل سازی) در فشارخون سیستولیک و دیاستولیک وجود دارد (به ترتیب $P=0/04$ ، $P=0/01$). بدین معنی که مقدار مکمل مصرف‌شده توسط گروه تحت بررسی تأثیر معنی‌داری بر میزان فشارخون سیستولیک و دیاستولیک داشته است. همچنین مقایسه مقادیر فشارخون سیستولیک بعد از فعالیت نشان داد که تفاوت معنی‌داری در مقادیر بین گروه‌ها وجود دارد و این اختلاف معنی‌دار است ($P=0/02$). علاوه بر این نشان داد که بین گروه‌ها تفاوت معنی‌داری در ضربان قلب و درک فشار وجود دارد (به ترتیب $P=0/03$ ، $P=0/05$) همچنین بین گروه‌ها در سرعت دویدن اختلاف وجود دارد؛ اما این اختلاف معنی‌دار نیست ($P=0/20$). با استفاده از آزمون تی مستقل مشخص شد که این اختلاف بین گروه‌ها در کیلومتر ۱/۶ در ضربان قلب و میزان درک فشار وجود دارد (به ترتیب $P=0/03$ ، $P=0/04$). بدین معنی که مقدار مکمل مصرف‌شده توسط گروه تحت بررسی تأثیر معنی‌داری بر ضربان قلب، درک فشار داشته است. همچنین مقایسه مقادیر ضربان قلب در کیلومتر ۳/۲ نشان داد که تفاوت معنی‌داری در مقادیر بین گروه‌ها وجود دارد و این اختلاف معنی‌دار است ($P=0/04$) (نمودارهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵).

جدول ۳. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر متغیرهای پژوهش

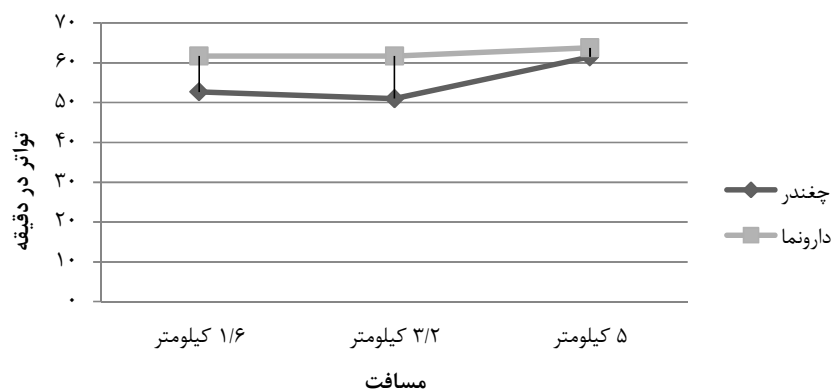
سطح معنی داری	مقدار F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	مقایسه درون گروهی	
۰/۰۰۵	۱۰/۳۳۳	۹/۹۴۷	۱	۹/۹۴۷	گروه	فشارخون سیستمولیک
۰/۰۰۳	۶/۸۲۲	۵/۵۱۰	۲	۱۱/۰۱۹	فاصله	
۰/۰۰۰	۱۷/۷۵۸	۱۴/۳۴۲	۲	۲۸/۶۸۳	اثر متقابل	
۰/۰۳۷	۵/۰۷۶	۵/۳۴۰	۱	۵/۳۴۰	گروه	فشارخون دیاستولیک
۰/۰۲۳	۴/۲۲۲	۲/۰۵۹	۲	۴/۱۱۷	فاصله	
۰/۰۰۱	۹/۱۰۷	۴/۴۴۱	۲	۸/۸۸۱	اثر متقابل	
۰/۰۳۲	۵/۳۴۰	۷۳۵/۰۰۰	۱	۷۳۵/۰۰۰	گروه	ضربان قلب
۰/۰۷۷	۲/۷۵۱	۲۵۹/۲۱۷	۲	۵۱۸/۴۳۳	فاصله	
۰/۰۴۷	۰/۸۸۶	۸۳/۴۵۰	۲	۱۶۶/۹۰۰	اثر متقابل	
۰/۳۴۱	۰/۹۵۶	۹/۶۰۰	۱	۹/۶۰۰	گروه	درک فشار
۰/۰۰۰	۲۹۲/۹۶۳	۳۲۱/۷۱۷	۲	۶۴۳/۴۳۳	فاصله	
۰/۰۱۹	۴/۴۱۷	۴/۸۵۰	۲	۹/۷۰۰	اثر متقابل	
۰/۰۴۲	۴/۷۹۷	۲۳۱/۵۴۰	۱	۲۳۱/۵۴۰	گروه	سرعت دویدن
۰/۰۰۰	۳۹۲/۰۲۵	۳۹۳۵/۳۰۶	۲	۷۸۷/۶۱۳	فاصله	
۰/۴۹۵	۰/۷۱۶	۷/۱۹۲	۲	۱۴/۳۸۵	اثر متقابل	



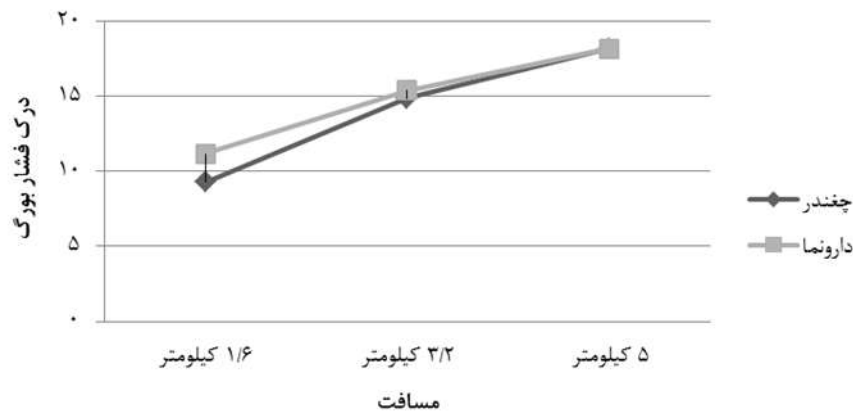
نمودار ۱. مقایسه فشارخون سیستولیک بین مصرف چغندر و دارونما



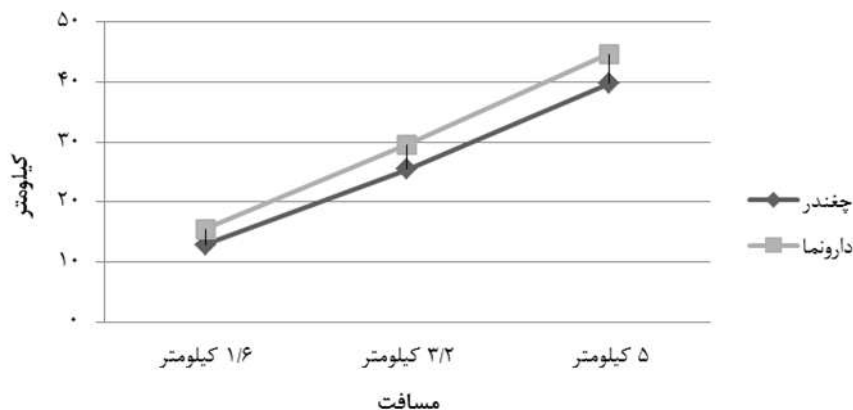
نمودار ۲. مقایسه فشارخون دیاستولیک بین مصرف چغندر و دارونما



نمودار ۳. مقایسه ضربان قلب بین مصرف چغندر و دارونما



نمودار ۴. مقایسه میزان درک فشار بین مصرف چغندر و دارونما



نمودار ۵. مقایسه میزان سرعت دویدن بین مصرف چغندر و دارونما

بحث

فشارخون سیستمولیک: تجزیه و تحلیل فشارخون سیستمولیک بر اساس آنالیز واریانس با اندازه گیری مکرر و t مستقل در تحقیق حاضر نشان داد، مصرف ۲۰۰ گرم چغندر سه ساعت قبل از آزمون، باعث کاهش فشارخون سیستمولیک قبل از فعالیت و پایان پنج کیلومتر دویدن می شود. همچنین مقایسه فشارخون بین گروه مصرف چغندر و دارونما نیز تفاوت معنی داری را نشان می دهد. همسو با پژوهش حاضر می توان به مطالعه Bond و همکاران (۲۰۱۴) (۱۴)، Satyanand و همکاران (۲۰۱۴) (۳)، Wylie و همکاران (۲۰۱۳) (۱۶)،

Lansley و همکاران (۲۰۱۱) (۱۷)، Vanhatalo و همکاران (۲۰۱۰) (۱۸) اشاره کرد که نشان دادند مصرف چغندر باعث کاهش فشارخون سیستمولیک می شود. دلیل همسو بودن تحقیق حاضر با تحقیق باند و همکارانش، احتمالاً، زمان مصرف چغندر و شرکت آزمودنی های زن سالم باشد، چون گفته شده اوج نیترات پلاسما دو و نیم تا سه ساعت پس از مصرف نیترات است، همچنین همجنس بودن آزمودنی ها که احتمالاً دارای فشارخون اولیه یکسان می باشند، دلیل تأثیر یکسان مصرف چغندر بر میزان فشارخون آزمودنی ها است (۱۴). Satyanand و همکاران

مصرف چغندر نام برد. چون گفته شده اوج نیترا پلازما دو و نیم الی سه ساعت پس از مصرف مشاهده شده است. از دیگر تحقیقات ناهم سو با تحقیق حاضر، پژوهش Kenjale و همکاران (۲۰۱۱)(۲۰) است که تأثیر نیم لیتر مصرف چغندر را بر روی بیماران شریان محیطی مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که مصرف آب چغندر هیچ تأثیری بر فشارخون سیستولیک ندارد و علت آن‌ها تغییر نیافتن اندوتلیال عروقی پس از مصرف آب چغندر بیان داشته‌اند و علت ناهم سویی را می‌توان بیمار بودن آزمودنی‌ها در مطالعه کنجلا اشاره کرد چون در بیماران شریان محیطی احتمالاً اندوتلیال عروقی سالم نباشد در نتیجه مسیر نیتریک اکساید سنتتاز هم دچار اختلال شده باشد و تولید نیتریک اکساید تولید شده از این مسیر هم کم شده باشد.

فشارخون دیاستولیک: تجزیه و تحلیل فشارخون دیاستولیک نشان داد، مصرف ۲۰۰ گرم چغندر سه ساعت قبل از آزمون، باعث کاهش فشارخون دیاستولیک قبل از فعالیت می‌شود ولی بر فشارخون دیاستولیک در پایان پنج کیلومتر تأثیری نداشته است. همچنین مقایسه فشارخون بین گروه مصرف چغندر و دارونما نیز تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد. از تحقیقات همسو با تحقیق حاضر، می‌توان به پژوهش Kenjale و همکاران (۲۰۱۱)(۲۰) اشاره کرد که تأثیر نیم لیتر مصرف چغندر را بر روی بیماران شریان محیطی مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که مصرف آب چغندر تأثیری بر کاهش فشارخون دیاستولیک بعد فعالیت نمی‌شود و علت همسویی را می‌توان استفاده از آب چغندر به صورت تک دوز اشاره کرد. ناهم سو با تحقیق حاضر تحقیق Satyanand و همکاران (۲۰۱۴)(۳) و Wylie و همکاران (۲۰۱۳)(۱۶) و Vanhatalo و همکاران (۲۰۱۰)(۱۸)، مبنی بر کاهش فشارخون دیاستولیک است. علت این ناهم سویی می‌تواند تفاوت بودن مقدار مصرف چغندر و مدت زمان مصرف چغندر باشد چون در تحقیقاتی که کاهش فشارخون دیاستولیک دیده می‌شود دارای مدت زمان مصرف بیشتر و مقدار مصرف بیشتر است که این

(۲۰۱۴) علت این امر را نیترا موجود در چغندر می‌دانند که نیترا در بدن به نیتریک اکساید تبدیل شده و نیتریک اکساید باعث گشادی رگ‌ها شده و فشارخون را کاهش می‌دهد(۳). میانگین فشارخون به دست آمده در تحقیق Bond و همکاران (۲۰۱۴)(۱۴)، $1/4 \pm 121$ بوده ولی در تحقیق حاضر $0/6 \pm 106$ بوده که این تفاوت در فشارخون‌های به دست آمده ممکن است به دلیل متفاوت بودن سن آزمودنی‌ها باشد چون با افزایش سن فشارخون هم افزایش می‌یابد و دلیل بالا بودن فشارخون در تحقیق Satyanand و همکاران (۲۰۱۴) می‌تواند بالا بودن سن آزمودنی‌ها نسبت به تحقیق حاضر باشد و احتمالاً به دلیل اختلاف آزمودنی‌ها از لحاظ جنسیت باشد چون میزان فشارخون به جثه فرد، قد فرد و تولید هورمون استروژن بستگی دارد و احتمالاً به این دلایل فشارخون در تحقیق Satyanand و همکارانش بیشتر است(۳). Wylie و همکاران (۲۰۱۳) علت کاهش فشارخون را به تغییر نیترا و نیتريت پلازما نسبت داده‌اند و نیتريتي که تبدیل به نیتریک اکساید می‌شود باعث اتساع شریانی شده و باعث کاهش مقاومت محیطی و در نتیجه باعث کاهش فشارخون می‌شود(۱۶). در پژوهشی Wilkerson و همکاران (۲۰۱۲)(۱۹)، تأثیر مصرف چغندر را پس از مصرف دو و نیم ساعت قبل از آزمون بر روی مردان دوچرخه سوار ماهر مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه دست یافتند که فشارخون سیستولیک نسبت به گروه دارونما کاهشی نشان نداد؛ بنابراین با نتایج این تحقیق ناهم سو می‌باشد. علت ناهم سویی را می‌توان به ماهر بودن آزمودنی‌ها نسبت داد چون احتمال بالا بودن نیترا پایه در افراد ماهر زیاد است و همچنین در افراد ماهر تولید نیتریک اکساید از مسیر NOS بیشتر است. از پژوهش‌های ناهم سو با این پژوهش، تحقیق Murphy و همکاران (۲۰۱۱)(۱۰) است که تأثیر مصرف ۲۰۰ گرم چغندر را بر روی عملکرد ورزشی مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند، مصرف چغندر تا ۷۵ دقیقه قبل از آزمون هیچ تأثیر معنی‌داری بر روی فشارخون سیستولیک ندارد و علت ناهم سویی را می‌توان احتمالاً زمان

احتمالاً باعث بیشتر شدن نیترات پلاسما و در نتیجه افزایش نیتریک اکساید پلاسما شده که آن‌هم به نوبه خود باعث اتساع عروق و باعث کاهش فشارخون دیاستولیک می‌شود. ضربان قلب: تجزیه و تحلیل میزان ضربان قلب در پژوهش حاضر نشان داد، مصرف ۲۰۰ گرم چغندر سه ساعت قبل از آزمون، باعث کاهش ضربان قلب در طی ۱/۶ کیلومتر و ۳/۲ کیلومتر شده و در پایان پنج کیلومتر تأثیری نداشته است. همچنین مقایسه ضربان قلب بین گروه مصرف چغندر و دارونما نیز تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد. همسو با تحقیق حاضر می‌توان به تحقیق Kenjale و همکاران (۲۰۱۱)(۲۰) اشاره کرد که کاهش ضربان قلب را در دو دقیقه بعد فعالیت مشاهده کرده بودند. علت همسویی را می‌توان احتمالاً به کاهش فشارخون در هر دو تحقیق نسبت داد، چون کاهش فشارخون با افزایش حجم ضربه‌ای اجازه می‌دهد که برون ده قلبی اتکای خود به حجم ضربه‌ای را حفظ کند و ضربان ثابت بماند یا کاهش یابد. از تحقیقات نا همسو با این تحقیق، پژوهش‌های Bond و همکاران (۲۰۱۴)(۱۴)، Cermak و همکاران (۲۰۱۲)(۲۱)، Murphy و همکاران (۲۰۱۱)(۱۰) را می‌توان نام برد در همه این تحقیقات انجام شده ضربان قلب تغییری نداشته است. که علت این ناهم‌سو بودن احتمالاً مربوط به ماهر و غیر ماهر بودن آزمودنی‌ها و زمان مصرف چغندر باشد. از آنجایی که ضربان قلب تحت تأثیر فشارخون است و همان‌طور که قبلاً گفته شد نیترات در ۲/۵، سه ساعت پس از مصرف به اوج خود می‌رسد که در غیر این صورت بر فشارخون تأثیری نداشته و در نتیجه بر ضربان قلب تأثیری ندارد، همچنین در افراد ماهر به دلیل سازگاری‌های فیزیولوژیکی به دست آمده که در آن مسیر NOS اهمیت داشته و مسیر NO_3-NO_2-NO کم‌اهمیت می‌شود؛ بنابراین تأثیر مسیر NO_3-NO_2-NO بر فشارخون کم شده و در نتیجه در ضربان قلب تغییری به وجود نمی‌آید. میزان درک فشار: نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مصرف چغندر تام سه ساعت قبل از آزمون، باعث کاهش معنی‌داری در میزان درک فشار در طی ۱/۶ کیلومتر شده

ولی در طی ۳/۲ کیلومتر و پایان پنج کیلومتر تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. همسو با این تحقیق، فقط Murphy و همکاران (۲۰۱۱)(۱۰) است، این پژوهش تأثیر مصرف چغندر تام را بر عملکرد ورزشی مورد بررسی قرار داده است. طبق نتایج این پژوهش میزان درک فشار در طی ۱/۶ کیلومتر، کاهش را نشان داد و در طی ۳/۲ کیلومتر و پایان پنج کیلومتر هیچ تفاوتی در میزان درک فشار وجود نداشته که با نتایج تحقیق حاضر همسو است و علت همسویی می‌تواند به ضربان قلب مربوط باشد. با توجه به اینکه میزان درک فشار با کاهش فشار فیزیولوژیکی کاهش می‌یابد، کاهش در فشارخون باعث کاهش ضربان قلب یا بدون تغییر ماندن ضربان قلب می‌شود که این‌ها به نوبه خود باعث کاهش میزان درک فشار می‌شود. سرعت دویدن: همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که مصرف ۲۰۰ گرم چغندر تام سه ساعت قبل از آزمون باعث افزایش در سرعت دویدن آزمودنی‌ها شد ولی این افزایش معنی‌دار نبود. از پژوهش‌های همسو می‌توان به پژوهش Wilkerson و همکاران (۲۰۱۲)(۱۹) اشاره کرد که تأثیر مصرف چغندر را ۲/۵ ساعت قبل از انجام آزمون، بر روی مردان دوچرخه‌سوار ماهر انجام داده و مشاهده کرده بودند سرعت دویدن افزایش داشته ولی معنی‌دار نبوده است. در این پژوهش علت معنی‌دار نبودن افزایش سرعت دویدن را به سازگاری‌های فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها اشاره کرده‌اند که شاید به وضعیت تمرینی دوچرخه‌سواران و یا مدت تمرین آن‌ها مربوط باشد چون تمرین استقامتی مزمن به کاهش اثربخشی مکمل NO_3 منجر می‌شود. از دیگر تحقیقات همسو با این تحقیق، پژوهش Lansley و همکاران (۲۰۱۱)(۱۱) است که تأثیر مصرف چغندر را بر روی دوچرخه‌سواران سطح باشگاهی مورد مطالعه قراردادند و گزارش کرده‌اند، هم در چهار کیلومتر و هم در ۱۶ کیلومتر سرعت دویدن افزایش داشته است ولی معنی‌دار نبوده و احتمال می‌دهند افزایش NO عامل افزایش سرعت دویدن است. NO باعث رگ گشایی شده و رگ گشایی باعث می‌شود جز آهسته اکسیژن مصرفی، حداکثر اکسیژن

دیاستولیک قبل از فعالیت (سه ساعت پس از مصرف) و کاهش ضربان قلب در مسافت‌های ۱/۶ کیلومتر و ۳/۲ کیلومتر می‌شود، اما در پنج کیلومتر تأثیری نداشته است. علاوه بر این باعث کاهش میزان درک فشار در مسافت ۱/۶ کیلومتر و باعث افزایش سرعت دویدن در مسافت‌های ۱/۶، ۳/۲ و ۵ کیلومتر می‌شود. بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، علاوه بر فواید سلامتی سبزی‌ها، سبزی‌های غنی از نیترات همچنین می‌تواند کارایی تمرینی را نیز بهبود بخشد. اگرچه این یافته‌ها باید در ورزشکاران نخبه و ورزش‌های با زمان‌های طولانی، مانند دو ماراتون و در ورزش‌های مختلف مانند شنا و قایقرانی تایید شود. همچنین مصرف چغندر پیامدهای آشکار برای متخصصان تغذیه در حوزه تغذیه‌ی ورزشکاران دارد. علاوه بر این، زمانی که اثرات نیروزایی سبزی‌های غنی از نیترات و همچنین فواید آن بر روی افراد با بیماری نارسایی قلبی و افراد سالمند ضعیف مشخص شود، این یافته‌ها ممکن است با رژیم غذایی بالینی هم ارتباط داشته باشد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از تمامی شرکت کنندگان که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند کمال تشکر و قدردانی را داریم.

مصرفی را در طول عملکرد ورزشی بهبود بخشند که این به‌نوبه خود باعث افزایش زمان رسیدن به آستانه لاکتات می‌شود. ازجمله پژوهش‌های نا همسو با پژوهش حاضر، مطالعه Satyanand و همکاران (۲۰۱۴)(۳) است که مشاهده کردند با مصرف چغندر به مدت نه هفته سرعت دویدن در آزمودنی‌های دنده مرد افزایش داشته است. علت افزایش سرعت را رگ گشایی توسط NO و کاهش فشارخون گزارش کرده‌اند؛ زیرا افزایش نیتریک اکساید باعث کاهش فشارخون شده و تحویل اکسیژن و مواد غذایی را به عضلات فعال بهبود می‌بخشد و همچنین اشاره کرده‌اند مکانیسم‌های فیزیولوژیکی تأثیر آب چغندر بر روی عملکرد ورزشی هنوز نامشخص است و علت ناهم‌سویی ممکن است متفاوت بودن مدت‌زمان مصرف چغندر باشد که در مطالعه حاضر مطالعه به‌صورت تک‌دوز بوده ولی در مطالعه Satyanand و همکاران (۲۰۱۴)(۳) به مدت نه هفته بوده است.

نتیجه‌گیری

درمجموع یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد، مصرف چغندر تا قبل از آزمون باعث کاهش فشارخون سیستولیک هم قبل از فعالیت (سه ساعت پس از مصرف) و هم پس از فعالیت شده است، همچنین باعث کاهش فشارخون

منابع

1. Kerley C P, Dolan E, Cormican L. Nitrate-rich beetroot juice selectively lowers ambulatory pressures and LDL cholesterol in uncontrolled but not controlled hypertension: a pilot study. *Ir J Med Sci.* 2017; 8: 1-8.
2. Caldwell JT, Sutterfield SL, Frye J, Ade CJ. Beetroot Juice Enhances Functional Sympatholysis in Hypertensive Humans. *The FASEB Journal.* 2017; 31(1): 682-692.
3. Satyanand V, MahaboobVali S, PhaniKrishna B, Narayanasamy D, Lilly N, Mujeer, S, et al. A study of beet root derived dietary nitrate efficacy on performance of runners. *IJBAMR.* 2014; 3(2): 690-695.
4. Larsen FJ, Schiffer TA, Borniquel S, Sahlin K, Ekblom B, Lundberg JO, et al. Dietary inorganic nitrate improves mitochondrial efficiency in humans. *Cell Metab.* 2011; 13(2): 149-159.
5. Zeisel SH, Mar MH, Howe JC, Holde JM. Concentrations of choline-containing compounds and betaine in common food. *J Nutr.* 2003; 133:1302-1307.
6. Hoffman JR, Ratamess NA, Kang J, Rashti SL, Faigenbaum AD. Effect of betaine supplementation on power performance and fatigue. *J Int Soc Sports Nutr.* 2009; 27: 7-17.

7. Jajja A, Sutjarjoko A, Lara J, Rennie K, Brandt K, Qadir O, et al. Beetroot supplementation lowers daily systolic blood pressure in older, overweight subjects. *Nutr Res.* 2014; 34(10): 68-75.
8. McKnight GM, Duncan CW, Leifert C, Golden MH. Dietary nitrate in man: friend or foe?. *BJN.* 1999; 81(05): 349-358.
9. Lundberg JO, Feelisch M, Bjorne H, Jansson EA, Weitzberg E. Cardioprotective effects of vegetables: is nitrate the answer?. *Nitric Oxide.* 2006; 15(4): 359-362.
10. Murphy M, Eliot K, Heuertz RM, Weiss E. Whole beetroot consumption acutely improves running performance. *J Acad Nutr Diet.* 2012; 112(4), 548-552.
11. Lansley KE, Winyard PG, Bailey SJ, Vanhatalo A, Wilkerson DP, Blackwell JR, Jones AM. Acute dietary nitrate supplementation improves cycling time trial performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2011; 43(6): 11-25.
12. Bailey SJ, Winyard P, Vanhatalo A, Blackwell JR, DiMenna FJ, Wilkerson DP, et al. Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. *J Appl Physiol.* 2009; 107(4): 1144-1155.
13. Lansley KE, Winyard PG, Fulford J, Vanhatalo A, Bailey SJ, Blackwell JR, et al. Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of walking and running: a placebo-controlled study. *J Appl Physiol.* 2010; 110(3):591-600.
14. Bond V, Curry BH, Adams RG, Asadi MS, Millis RM, Haddad GE. Effects of dietary nitrates on systemic and cerebrovascular hemodynamics. *Cardiol Res Prac.* 2013; 13:43-56.
15. Breese BC, McNarry MA, Marwood S, Blackwell JR, Bailey SJ, Jones AM. Beetroot juice supplementation speeds O₂ uptake kinetics and improves exercise tolerance during severe-intensity exercise initiated from an elevated metabolic rate. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2013; 305(12): 41-50.
16. Wylie LJ, Kelly J, Bailey SJ, Blackwell JR, Skiba PF, Winyard PG, Jones AM. Beetroot juice and exercise: pharmacodynamic and dose-response relationships. *J Appl Physiol.* 2013; 115(3): 325-336.
17. Lansley KE, Winyard PG, Fulford J, Vanhatalo A, Bailey SJ, Blackwell JR, Jones AM. Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of walking and running: a placebo-controlled study. *J Appl Physiol.* 2011; 110(3): 591-600.
18. Vanhatalo A, Bailey SJ, Blackwell JR, DiMenna FJ, Pavey TG, Wilkerson DP, et al. Acute and chronic effects of dietary nitrate supplementation on blood pressure and the physiological responses to moderate-intensity and incremental exercise. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2010; 299(4): 1121-1131.
19. Wilkerson DP, Hayward GM, Bailey SJ, Vanhatalo A, Blackwell J R, Jones AM. Influence of acute dietary nitrate supplementation on 50 mile time trial performance in well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol.* 2012; 112(12): 4127-4134.
20. Kenjale AA, Ham KL, Stabler T, Robbins JL, Johnson JL, VanBruggen M, Allen JD. Dietary nitrate supplementation enhances exercise performance in peripheral arterial disease. *J Appl Physiol.* 2011; 110(6): 1582-1591.
21. Cermak NM, Res P, Stinkens R, Lundberg JO, Gibala MJ, van Loon LJC. No improvement in endurance performance after a single dose of beetroot juice. *Int J Sport Nutr Exercise Metab.* 2012; 22(6):470-478.
22. Wilkerson DP, Hayward GM, Bailey SJ, Vanhatalo A, Blackwell JR, Jones AM. Influence of acute dietary nitrate supplementation on 50 mile time trial performance in well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol.* 2012; 112(12): 4127-4134.