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

Mohammad Reza Kordi[1], Maryam Salimi Nahrsolduz[2], Babak Hooshmand Moghadam[3]

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 Nahrsolduz, Babak Hooshmand Moghadam. The effects of beetroot consumption on blood pressure, heart rate, perceived exertion and the speed of running in young female athletes.ŞJKU 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: ۰۲۱۸۸۳۵۱۷۳۰، پست الکترونیک: mr.kordi@ut.ac.ir، کد ارکید: ۰۰۰۰-۰۰۰۲-۶۷۶۹-۱۶۹۶

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 آنتی‌اکسیدان‌ها 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 موردمطالعه 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. تجزیه‌وتحلیل 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 ($P\leq ۰/۰۵$). 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 ($P\leq ۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، مصرف چغندر می‌توانند 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 ازاین‌رو در برنامه‌ریزی‌های مختلف ورزشی از اهمیت و جایگاه ویژه‌ای برخوردار است(۱،۲). از آنجایی‌که یکی از اهداف اصلی ورزشکاران بهبود میزان عملکرد است، ورزشکاران و مربیان در رده‌های مختلف، درصدد دستیابی به عواملی هستند که عملکردشان را روزبه‌روز 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(۴،۱). 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 این‌گونه 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(۵،۲). 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(۶،۱). از جمله مکمل‌های غذایی مناسب می‌توان به مکمل‌هایی که دارای نیترات (NO_3) و نیتریت (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 ازجمله 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 بتالائین ها، قابلیت بالقوه آنتی‌اکسیدانی دارند(۴). بتائین یک تری متال مشتق از آمینو اسید گلایسین (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 اگزانتین اکساید (Oxantin oxaid) به نیتریت کاهش پیدا می‌کند. چندین مسیر برای متابولیسم نیتریت (NO_2) به نیتریک اکساید (NO) و دیگر نیتروژن اکسایدهای فعال بیولوژیکی وجود دارد(۴). NO باعث اتساع عروق می‌شود و درنتیجه، 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 شل کننده اندوتلیال شناخته‌شده است، درنتیجه 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 درکل 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 سیستولیک 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). بااین‌حال، 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 ارگوژنیکی دارد یا خیر؟ ازآنجاکه در داخل کشور تحقیقی در مورد تأثیر مصرف چغندر بر عملکرد ورزشی به عمل نیامده و فقط تعداد اندکی تحقیق در خارج از کشور انجام‌شده است و به دلیل نتایج متفاوتی که از تحقیقات به‌دست‌آمده 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 مشکین‌شهر 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 موردمطالعه 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 درنهایت 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 دهان‌شویه 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 میلی‌گرم 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 به‌عنوان درصدی از حداکثر ضربان قلب استفاده شود و میزان درک فشار، توسط شاخص ۶ تا۲۰ 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 ثبت‌شده در ۱/۶ کیلومتر و ۳/۲ کیلومتر و در پایان پنج کیلومتر سنجیده شد. آزمودنی‌ها اجازه داشتند با هر سرعتی که می‌خواستند بدوند و فقط 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 قابل‌مشاهده است). نحوه درست کردن مکمل در این پژوهش این‌گونه بود که چغندر به مدت ۹۰ دقیقه در اجاق‌های تجاری پخته و به بخش‌های ۲۰۰ گرمی تقسیم شد به هر بخش ۱۵ میلی‌لیتر آب‌لیمو و دو میلی‌لیتر جوزهندی و دارچین برای طعم دار شدن اضافه شد (هر بخش از چغندر حاوی تقریباً ۸۰ کیلوکالری انرژی، ۱۵ گرم کربوهیدرات و ۵۰۰ میلی‌لیتر 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 شامل 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 سه‌نقطه‌ای 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. به‌منظور اندازه‌گیری 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 تجزیه‌وتحلیل داده‌های این پژوهش از روش‌های آمار توصیفی و استنباطی استفاده شد. از آمار توصیفی برای محاسبه میانگین و انحراف استاندارد داده‌ها و از آمار استنباطی برای مقایسه گروه‌ها باهم استفاده شد. ابتدا طبیعی بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف – اسمیرنف (K-S) تعیین شد. با توجه به نرمال بودن داده‌ها، از آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر و از آزمون t مستقل برای بررسی تغییرات درون‌گروهی و بین گروهی و در صورت معنی‌دار بودن از آزمون تعقیبی بانفرونی استفاده شد. سطح معنی‌داری آماری نیز ($P\leq ۰/۰۵$) در نظر گرفته شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2010 و برای آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد.

جدول۱. زمان اندازه‌گیری متغیرها

فشارخون	ضربان قلب	میزان درک فشار	سرعت دویدن
قبل از مصرف	پس از ۱/۶کیلومتر	پس از۱/۶کیلومتر	پس از ۱/۶کیلومتر
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

یافته‌ها

جدول ۲ شاخص‌های آنتروپومتریکی آزمودنی‌ها را در شروع پروتکل نشان می‌دهد.

جدول۲. شاخص‌های آنتروپومتریکی آزمودنی‌ها

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

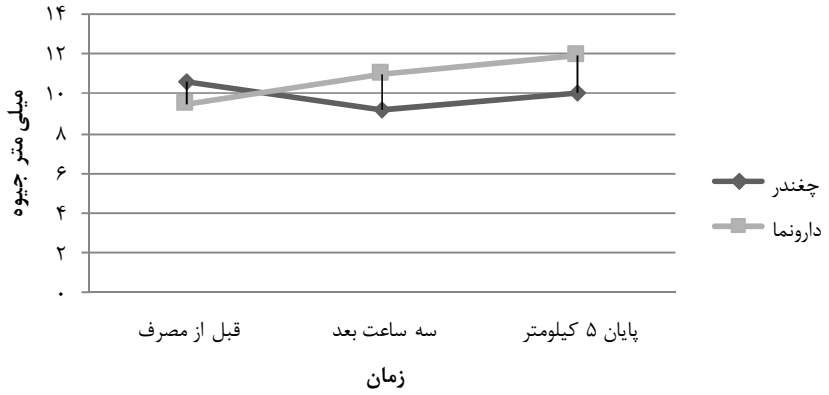
نتایج آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر مربوط به متغیرها نشان داد، اثرات گروه بر فشارخون سیستولیک، دیاستولیک، ضربان قلب و سرعت دویدن معنی‌دار است (به ترتیب $P=۰/۰۰۵$، $P=۰/۰۳۷$، $P=۰/۰۳۲$، $P=۰/۰۴۲$)؛ به‌عبارت‌دیگر صرف‌نظر از فاصله اندازه‌گیری بین گروه‌های موردنظر در پژوهش، تفاوت معنی‌داری وجود دارد؛ اما اثرات گروه بر درک فشار معنی‌دار نیست ($P=۰/۳۴۱$)؛ به‌عبارت‌دیگر صرف‌نظر از فاصله اندازه‌گیری، 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=۰/۰۰۳، P=۰/۰۲۳، P=۰/۰۰۰، P=۰/۰۰۰). بدین معنی که صرف‌نظر از عامل گروه، این متغیرها تحت تأثیر فاصله اندازه‌گیری قرارگرفته‌اند. از سوی دیگر اثر فاصله بر میزان ضربان قلب معنی‌دار نبود (P=۰/۷۷). بدین معنی که صرف‌نظر از عامل گروه میزان ضربان قلب تحت تأثیر فاصله اندازه‌گیری قرار نگرفته است. به‌منظور بررسی دقیق‌تر اثر تعامل گروه × 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=۰/۰۰۰، P=۰/۰۰۱، P=۰/۰۴۷، P=۰/۰۱۹)؛ به‌عبارت‌دیگر 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=۰/۴۹) (جدول۳).

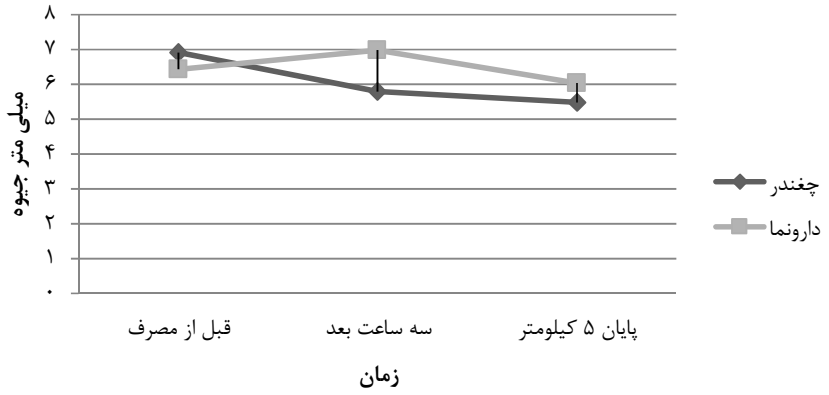
تجزیه‌وتحلیل اثر متقابل و مقایسه‌های دوتایی بین گروهی نشان داد که بین گروه‌ها تفاوت معنی‌داری در فشارخون سیستولیک و دیاستولیک وجود دارد (به ترتیب P=۰/۰۵، P=۰/۰۴) و با استفاده از آزمون تی مستقل مشخص شد که این اختلاف در مرحله پیش‌آزمون (پس از مکمل سازی) در فشارخون سیستولیک و دیاستولیک وجود دارد (به ترتیب P=۰/۰۴، P=۰/۰۱). 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=۰/۰۲). علاوه بر این نشان داد که بین گروه‌ها تفاوت معنی‌داری در ضربان قلب و درک فشار وجود دارد (به ترتیب P=۰/۰۳، P=۰/۰۵) همچنین بین گروه‌ها در سرعت دویدن اختلاف وجود دارد؛ اما این اختلاف معنی‌دار نیست (P=۰/۲۰). 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=۰/۰۳، P=۰/۰۴). 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=۰/۰۴) (نمودارهای ۱،۲،۳،۴،۵).

جدول۳. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر متغیرهای پژوهش

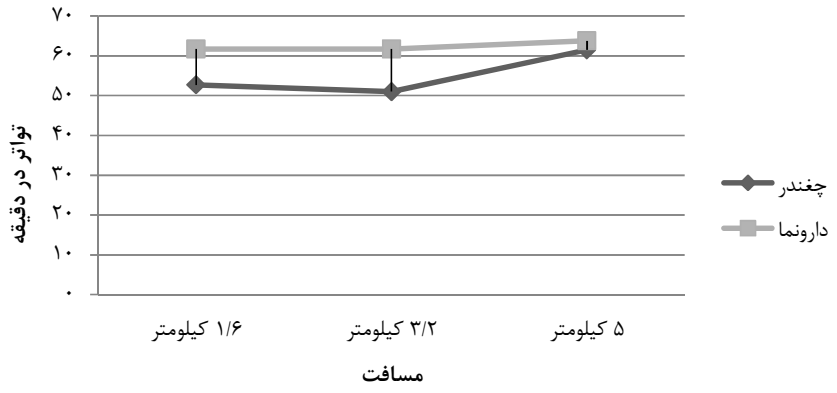
	مقایسه درون‌گروهی	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی‌داری
فشارخون سیستولیک	گروه	۹/۹۴۷	۱	۹/۹۴۷	۱۰/۳۳۳	۰/۰۰۵
	فاصله	۱۱/۰۱۹	۲	۵/۵۱۰	۶/۸۲۲	۰/۰۰۳
	اثر متقابل	۲۸/۶۸۳	۲	۱۴/۳۴۲	۱۷/۷۵۸	۰/۰۰۰
فشارخون دیاستولیک	گروه	۵/۳۴۰	۱	۵/۳۴۰	۵/۰۷۶	۰/۰۳۷
	فاصله	۴/۱۱۷	۲	۲/۰۵۹	۴/۲۲۲	۰/۰۲۳
	اثر متقابل	۸/۸۸۱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



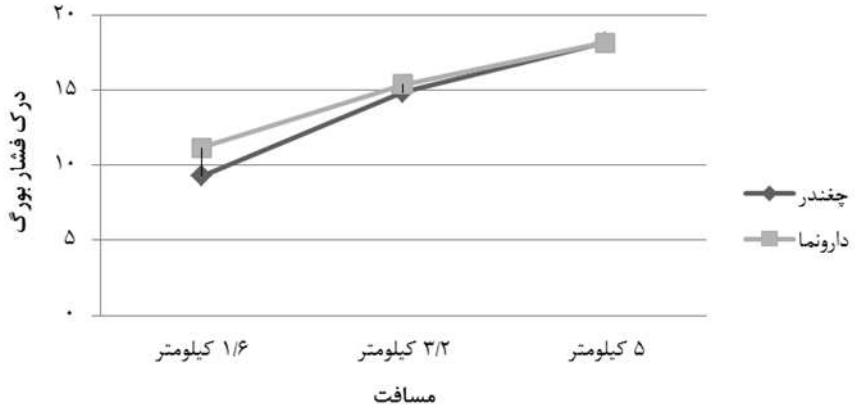
نمودار۱. مقایسه فشارخون سیستولیک بین مصرف چغندر و دارونما



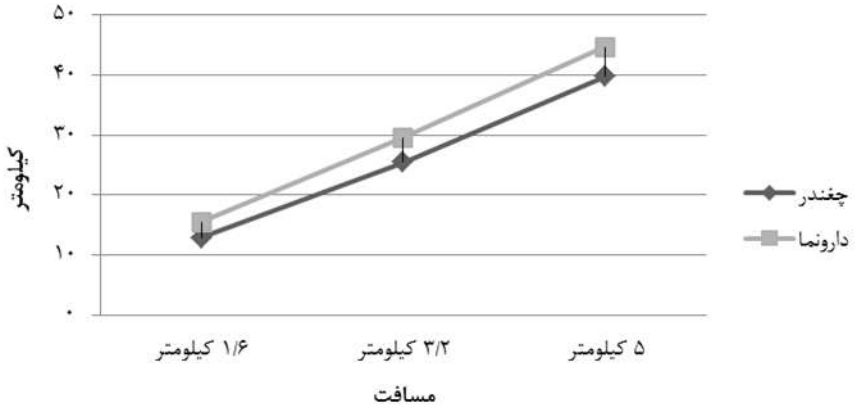
نمودار۲. مقایسه فشارخون دیاستولیک بین مصرف چغندر و دارونما



نمودار۳. مقایسه ضربان قلب بین مصرف چغندر و دارونما



نمودار۴. مقایسه میزان درک فشار بین مصرف چغندر و دارونما



نمودار۵. مقایسه میزان سرعت دویدن بین مصرف چغندر و دارونما

بحث

فشارخون سیستولیک: تجزیه‌وتحلیل فشارخون سیستولیک بر اساس آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر و t مستقل در تحقیق حاضر نشان داد، مصرف ۲۰۰ گرم چغندر سه ساعت قبل از آزمون، باعث کاهش فشارخون سیستولیک قبل از فعالیت و پایان پنج کیلومتر دویدن می‌شود. همچنین مقایسه فشارخون بین گروه مصرف چغندر و دارونما نیز تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد. همسو با پژوهش حاضر می‌توان 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 سیستولیک می‌شود. دلیل همسو بودن تحقیق حاضر با تحقیق باند و همکارانش، احتمالاً، زمان مصرف چغندر و شرکت آزمودنی‌های زن سالم باشد، چون گفته‌شده اوج نیترات پلاسما دو و نیم تا سه ساعت پس از مصرف نیترات است، همچنین هم‌جنس بودن آزمودنی‌ها که احتمالاً دارای فشارخون اولیه یکسان می‌باشند، دلیل تأثیر یکسان مصرف چغندر بر میزان فشارخون آزمودنی‌ها است(۱۴). Satyanand و همکاران

(۲۰۱۴) علت این امر را نیترات موجود در چغندر می‌دانند که نیترات در بدن به نیتریک اکساید تبدیل‌شده و نیتریک اکساید باعث گشادی رگ‌ها شده و فشارخون را کاهش می‌دهد(۳). میانگین فشارخون به‌دست‌آمده در تحقیق Bond و همکاران (۲۰۱۴)(۱۴)، ۱/۴ ±۱۲۱ بوده ولی در تحقیق حاضر ۰/۶± ۱۰۶ بوده که این تفاوت در فشارخون‌های به‌دست‌آمده 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 ازلحاظ 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 نیترات و نیتریت پلاسما نسبت داده‌اند و نیتریتی که تبدیل به نیتریک اکساید می‌شود باعث اتساع شریانی شده و باعث کاهش مقاومت محیطی و درنتیجه 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 دوچرخه‌سوار ماهر موردبررسی قراردادند و به این نتیجه دست یافتند که فشارخون سیستولیک نسبت به گروه دارونما کاهشی نشان نداد ؛ بنابراین با نتایج این تحقیق ناهم‌سو می‌باشد. علت ناهم‌سویی را می‌توان به ماهر بودن آزمودنی‌ها نسبت داد چون احتمال بالا بودن نیترات پایه در افراد ماهر زیاد است و همچنین در افراد ماهر تولید نیتریک اکساید از مسیر NOS بیشتر است. از پژوهش‌های ناهم‌سو با این پژوهش، تحقیق Murphy و همکاران (۲۰۱۱)(۱۰) است که تأثیر مصرف ۲۰۰ گرم چغندر را بر روی عملکرد ورزشی موردبررسی قراردادند و گزارش کردند، مصرف چغندر تام ۷۵ دقیقه قبل از آزمون هیچ تأثیر معنی‌داری بر روی فشارخون سیستولیک ندارد و علت ناهم‌سویی را می‌توان احتمالاً زمان مصرف چغندر نام برد. چون گفته‌شده اوج نیترات پلاسما دو ونیم الی سه ساعت پس از مصرف مشاهده‌شده است. از دیگر تحقیقات ناهم‌سو با تحقیق حاضر، پژوهش Kenjale و همکاران (۲۰۱۱)(۲۰) است که تأثیر نیم لیتر مصرف چغندر را بر روی بیماران شریان محیطی موردبررسی قراردادند 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 ناهم‌سویی را می‌توان بیمار بودن آزمودنی‌ها در مطالعه کنجل اشاره کرد چون در بیماران شریان محیطی احتمالاً اندوتلیال عروقی سالم نباشد درنتیجه مسیر نیتریک اکساید سنتتاز هم دچار اختلال شده باشد و تولید نیتریک اکساید تولیدشده از این مسیر هم کم شده باشد.

فشارخون دیاستولیک: تجزیه‌وتحلیل 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 موردبررسی قراردادند 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 به‌صورت تک‌دوز اشاره کرد. ناهم‌سو 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 نا همسویی می‌تواند متفاوت بودن مقدار مصرف چغندر و مدت‌زمان مصرف چغندر باشد چون در تحقیقاتی که کاهش فشارخون دیاستولیک دیده می‌شود دارای مدت‌زمان مصرف بیشتر و مقدار مصرف بیشتر است که این

احتمالاً باعث بیشتر شدن نیترات پلاسما و درنتیجه افزایش نیتریک اکساید پلاسما شده که آن‌هم به‌نوبه خود باعث اتساع عروق و باعث کاهش فشارخون دیاستولیک می‌شود.

ضربان قلب: تجزیه‌وتحلیل 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 انجام‌شده ضربان قلب تغییری نداشته است. که علت این ناهم‌سو بودن احتمالاً مربوط به ماهر و غیر ماهر بودن آزمودنی‌ها و زمان مصرف چغندر باشد. ازآنجایی‌که 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 درنتیجه بر ضربان قلب تأثیری ندارد، همچنین در افراد ماهر به دلیل سازگاری‌های فیزیولوژیکی به‌دست‌آمده 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 درنتیجه 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 موردبررسی 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 به‌نوبه 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 اشاره‌کرده‌اند 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 موردمطالعه 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

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 دونده 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 اشاره‌کرده‌اند 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 تام 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 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 زمان های طولانی، مانند دو ماراتون و در ورزش های 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

بدین‌وسیله از تمامی شرکت‌کنندگان که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند کمال تشکر و قدردانی را داریم.

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 IntSoc Sports Nutr. 2009; 27: 7-17.

7.Jajja A, Sutyarjoko 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 O_2 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.