Avicenna Journal of Clinical Medicine No 101, Volume 28, Issue 3, Autumn 2021, Pages: 176-185

Original Article

doi: 10.52547/ajcm.28.3.176

Effects of a Single Dose of Beetroot Juice on Functional and Cardiovascular Changes Following Acute Resistance Training in Men with Hypertension

Taher Afsharnezhad[1], **Ahmad Fazeli Sani**[2,*]

[1] *Assistant Professor, Department of Physical Education and Sports Science, School of Psychology and Educational Sciences, Yazd University, Yazd, Iran*

[2] *M.Sc. of Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Shomal University, Amol, Iran*

**** Corresponding Author:*** *Ahmad Fazeli Sani, Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Shomal University, Amol, Iran. Email: ahmadfazeli1@gmail.com*

Received: 29.07.2021
Accepted: 13.11.2021

How to Cite this Article:
Afsharnezhad T, Fazeli Sani A. Effects of a Single Dose of Beetroot Juice on Functional and Cardiovascular Changes Following Acute Resistance Training in Men with Hypertension. *Avicenna J Clin Med*. 2021; 28(3): 176-185. DOI: 10.52547/ajcm.28.3.176

Abstract

Background and Objective: Elevated blood pressure may develop in hypertensive patients after performing resistance training. The present study aimed to investigate the effect of beetroot juice on cardiovascular and functional changes during and after a session of acute resistance training in men with hypertension.

Materials and Methods: In the present single-blind quasi-experimental study, 20 men with hypertension were randomly divided into two groups of Beetroot Juice (BJ) and Placebo (PLA). Upper and lower body muscular strength, Perceived Exertion (RPE), Systolic and Diastolic blood pressure (SBP, DBP), and resting and continuous Heart Rate (HR) were measured after resistance training in the pre-test. In the post-test, BJ and PLA groups consumed beetroot juice and non-caloric cherry flavor Beverage (4.5 mg/Kg Bodyweight), respectively, 150 minutes before repeating the measurements. Data were analyzed using three-way ANOVA, student's t-test, and Mann–Whitney U test at a significance level of 0.05.

Results: Beetroot juice significantly reduced SBP, DBP, and HR at rest and after resistance training compared to PLA. Furthermore, BJ significantly increased lower body muscular strength and decreased RPE during resistance training.

Conclusion: Beetroot juice is a useful beverage that easily and harmlessly controls blood pressure in hypertensive patients. This drink prevents the risk of high blood pressure in addition to improving performance during resistance training.

Keywords: Heart Rate, Hypertension, Muscle Strength, Nitric Oxide, Resistance Training

Copyright © 2021 Avicenna Journal of Clinical Medicine

مقاله پژوهشی

doi: 10.52547/ajcm.28.3.176

اثر آب چغندر بر تغییرات عملکردی و قلبی–عروقی متعاقب فعالیت مقاومتی حاد در مردان مبتلا به پرفشاری خون

طاهر افشارنژاد[۱]، احمد فاضلی ثانی[۲،*]

[۱] استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

[۲] کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شمال، آمل، ایران

* **نویسنده مسئول:** احمد فاضلی ثانی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شمال، آمل، ایران. ایمیل: ahmadfazeli1@gmail.com

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۵/۰۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۸/۲۲

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

چکیده

سابقه و هدف: افزایش فشارخون در بیماران مبتلا به پرفشاری خون پس از انجام فعالیت‌های مقاومتی محتمل است. هدف از مطالعه حاضر تعیین اثر آب چغندر بر تغییرات قلبی-عروقی و عملکردی حین و متعاقب یک فعالیت مقاومتی حاد در مردان مبتلا به پرفشاری خون بود.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه نیمه‌تجربی یک‌سو کور ۲۰ نفر از مردان مبتلا به پرفشاری خون به‌طور تصادفی به دو گروه آب چغندر (BJ) و دارونما (PL) تقسیم شدند. در پیش‌آزمون قد، وزن، قدرت عضلانی بالاتنه و پایین‌تنه، میزان درک فشار، فشارخون و ضربان قلب آزمودنی‌ها در حالت استراحت و به‌طور مستمر پس از فعالیت مقاومتی اندازه‌گیری شد. در پس‌آزمون ۱۵۰ دقیقه قبل از تکرار اندازه‌گیری، گروه تجربی آب چغندر و گروه دارونما نوشیدنی بدون کالری طعم‌دار مصرف کردند (۴/۵ میلی‌لیتر به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن). داده‌ها با استفاده از تحلیل واریانس سه‌طرفه و آزمون تی مستقل و یومن‌ویتنی در سطح معنی‌داری ۰/۰۵تحلیل شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد مصرف آب چغندر موجب کاهش معنی‌دار فشارخون سیستولی و دیاستولی و کاهش ضربان قلب در حالت استراحت و پس از فعالیت مقاومتی در مقایسه با دارونما شده است. علاوه‌براین، آب چغندر به‌طور معنی‌داری قدرت عضلانی پایین‌تنه را بهبود بخشید و میزان درک فشار حین فعالیت مقاومتی را کاهش داد.

نتیجه‌گیری: آب چغندر نوشیدنی مفیدی است و روش آسان و بی‌خطری برای کنترل فشارخون در بیماران مبتلا به پرفشاری خون محسوب می‌شود. این نوشیدنی علاوه بر بهبود عملکرد، از خطر افزایش فشارخون حین فعالیت مقاومتی جلوگیری می‌کند.

واژگان کلیدی: پرفشاری خون، تمرین مقاومتی، ضربان قلب، قدرت عضلانی، نیتریک اکساید

مقدمه

پرفشاری خون بیماری مزمنی است که در آن فشارخون شریانی افزایش می‌یابد و به‌صورت افزایش مداوم، فشارخون ۱۴۰/۹۰ میلی‌متر جیوه برای بیش از چند هفته تعریف می‌شود [۱]. این بیماری اغلب علائمی ندارد و اگر درمان نشود، باعث آسیب به اندام‌های حیاتی بدن می‌شود و خطر بروز بیماری‌های قلبی، مغزی، کلیوی را افزایش می‌دهد [۱،۲]. طبق آمار سازمان جهانی بهداشت، حدود ۱/۱۳ میلیارد نفر در سراسر جهان به پرفشاری خون مبتلا هستند که اغلب آن‌ها در کشورهای فقیر زندگی می‌کنند [۲]. این بیماری یکی از علل اصلی ناتوانی و مرگ زودرس در جهان است [۳]. از عوامل خطر فشارخون بالا می‌توان به سن، وراثت، چاقی و اضافه وزن، تغذیه نامناسب، مصرف زیاد سدیم، کم‌تحرکی، مصرف دخانیات، الکل و استرس اشاره کرد [۱،۳].

یکی از بهترین روش‌های اثبات‌شده غیردارویی برای پیشگیری و درمان پرفشاری خون، کاهش وزن، رژیم غذایی سالم، کاهش مصرف نمک و داشتن فعالیت بدنی است [۲]. تأثیر فعالیت بدنی در پیشگیری و درمان فشار خون به‌خوبی مشخص شده است. مطالعات اپیدمیولوژیک رابطه بین فشارخون بالا و کم‌تحرکی را تأیید کرده‌اند [۴] و سازمان‌های بهداشتی بین‌المللی نیز فعالیت بدنی را برای درمان پرفشاری خون توصیه

کرده‌اند. هرچند بین فعالیت‌های مختلف، تمرین هوازی که گروه‌های بزرگ عضلانی را درگیر می‌کند، در اولویت قرار دارد، تمرین مقاومتی نیز فعالیت مکملی برای پیشگیری و درمان آثار جانبی پرفشاری خون شناخته شده است [۴].

تمرین مقاومتی موجب حفظ توده عضلانی، افزایش قدرت، استقامت، تعادل و هماهنگی و بهبود حساسیت به انسولین و متابولیسم پایه در فرد می‌شود و از ناتوانی پیشگیری می‌کند [۵]. بااین‌حال، به دلیل تأثیر این نوع تمرینات بر افزایش فشارخون حین تمرین و مانور والسالوا، باید در انجام این تمرینات احتیاط کرد [۶]. توصیه بر این است که برای افزایش ایمنی حین تمرین، فشارخون به‌ویژه فشار دیاستولیک پایش شود و راهکارهایی برای جلوگیری از افزایش بیش از حد فشار خون حین تمرین اجرا شود [۶،۷]. با توجه به افت توده عضلانی و تراکم استخوان در بیماران مبتلا به فشارخون، توصیه به انجام تمرین مقاومتی در آن‌ها اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد [۷]. با وجود این، بخشی از بیماران به دلیل ترس از افزایش فشارخون، خود را از مزایای این تمرین مقاومتی محروم می‌کنند. ازاین‌رو یافتن راهکارهایی که به کنترل فشارخون در خلال تمرین مقاومتی کمک کند، مهم است.

یکی از راهکارهای پیشنهادی، استفاده از مواد غذایی حاوی نیترات است. تحقیقات نشان داده‌اند نیترات موجب کاهش چشمگیر فشارخون، افزایش خون‌رسانی به عضلات و کاهش خستگی می‌شود [۲]. نیترات چه از طریق باکتری‌ها در دهان و چه از طریق جذب گوارشی و ورود به گردش خون، درنهایت به نیتریک اکساید (NO) تبدیل می‌شود [۸]. نیتریک اکساید عملکردهای همودینامیکی و متابولیکی مهمی دارد و موجب اتساع عروقی و کاهش فشارخون می‌شود [۸]. این مولکول به‌عنوان یک وازودیلاتور اصلی، جریان خون به عضلات فعال را افزایش می‌دهد و باعث انتقال اکسیژن به آن‌ها می‌شود [۹]. NO به‌صورت درون‌زا از اکسیداسیون ال-آرژنین نیز تولید می‌شود، اما مقدار آن محدود است [۸،۱۰]. مزایای فیزیولوژیکی بالقوه نیتریک اکسید شامل بهبود کارایی میتوکندری، جذب گلوکز و افزایش سرعت انقباض/ استراحت در عضلات است [۸]. این مولکول به‌صورت گاز است و در حال حاضر هیچ روشی برای تأمین NO به‌صورت مستقیم از طریق رژیم غذایی وجود ندارد؛ بنابراین، استفاده از مواد غذایی حاوی نیترات برای افزایش NO پیشنهاد شده است.

یکی از مواد طبیعی حاوی مقادیر زیاد نیترات، چغندر است. چغندر مواد معدنی موجود در خاک به‌ویژه نیترات معدنی را جذب می‌کند؛ بنابراین، می‌توان از آب چغندر برای تولید NO به‌صورت درون‌زا استفاده کرد [۸،۱۱]. علاوه‌براین، چغندر منبع ویتامین‌های A، B1، B2، B3، C و مواد معدنی شامل پتاسیم، بتائین، سدیم، منیزیم، نیترات، فسفر، کلسیم، آهن، گوگرد، ید، مس و عناصر بسیار کمیابی مانند روبیدیم است [۱۱]. همچنین رنگدانه‌های موجود در چغندر (بتاسیانین و بتاکزانتین) خواص آنتی‌اکسیدانی بالقوه‌ای دارند [۱۱]. تحقیقات بسیار محدودی پیرامون چغندر انجام شده است که بیشتر بر پاسخ حاد به آن تمرکز داشته‌اند [۱۲-۱۴]. مطالعات پیشین گزارش کرده‌اند که مصرف یک دُز آب چغندر پیش از فعالیت و همچنین مصرف روزانه آن موجب کاهش فشارخون [۱۲]، بهبود گردش خون و خون‌رسانی به مغز [۱۰] می‌شود. ازاین‌رو، رژیم غذایی حاوی آب چغندر به‌عنوان یک راهکار تغذیه‌ای به کنترل فشارخون شریانی در افراد سالم و حتی بیمارانی که دارو مصرف می‌کنند، کمک می‌کند [۲].

تحقیقات محدودی در زمینه اثرات آب چغندر و ورزش مقاومتی انجام شده است که بیشتر افراد سالم را بررسی کرده و کاهش حاد فشارخون را نشان داده‌اند [۱۰،۱۱]. به دلیل ماهیت پرفشاری خون نمی‌توان نتایج این تحقیقات را به این بیماری تعمیم داد. ازاین‌رو، این مطالعه به دنبال تعیین اثربخشی استفاده از آب چغندر در کاهش فشار خون حین و پس از فعالیت‌های مقاومتی است. در عین حال سایر اثرات بالقوه آب چغندر مانند تغییرات عملکردی نیز در افراد مبتلا به فشارخون بالا بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر از نوع کاربردی است که به‌صورت نیمه‌تجربی یک‌سو کور و بر اساس طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون اجرا شد. جامعه آماری پژوهش شامل بیماران مرد مبتلا به پرفشاری خون مرحله یک (فشارخون سیستولی بین ۱۳۰ تا ۱۳۹ میلی متر جیوه و دیاستولی بین ۸۰ تا ۸۹ میلی‌متر جیوه) [۱۵] شهرستان تنکابن در سال ۱۳۹۹ بود. با توجه به احتمال اثرگذاری بیشتر آب چغندر در مردان نسبت به زنان، طبق مطالعات گذشته، این گروه با توجه ملاک‌های ورود انتخاب شدند [۱۶،۱۷]. ملاک‌های ورود شامل سن بین ۴۰ تا ۵۹ سال، قرار گرفتن در طبقه فشار خون مرحله یک، نداشتن سابقه بیماری‌های قلبی-عروقی، دیابت، بیماری‌های عصبی-عضلانی و سایر بیماری‌های سیستماتیک هم‌زمان، نداشتن سابقه آسیب‌دیدگی و شرکت نکردن در تمرینات منظم حداقل شش ماه قبل از اجرای پژوهش بود.

ابتدا پزشک شرکت‌کنندگان را معاینه کرد تا وضعیت بیماری پرفشاری خون و سایر بیماری‌های هم‌زمان بررسی شود. ملاک‌های خروج از مطالعه نیز شامل تمایل نداشتن به اجرای تمرین جسمانی و فعالیت مقاومتی، داشتن منع برای فعالیت بدنی طبق نظر پزشک متخصص و مثبت بودن تست کرونا حداقل ۱۵ روز پیش از اجرای مطالعه بود. افراد واجد شرایط فرم رضایت‌نامه و اطلاعات پزشکی را تکمیل کردند و برای معاینه بیشتر نزد پزشک متخصص فرستاده شدند. حجم نمونه آماری با استفاده از نرم‌افزار G-power بر اساس مقادیر اندازه اثر محاسبه‌شده در مطالعات مروری گذشته [۲] و خطای آلفای

۰/۰۵ تعداد ۲۰ نفر در نظر گرفته شد. نمونه آماری شامل ۲۰ بیمار مرد مبتلا به پرفشاری خون با میانگین سنی ۷/۳±۴۶/۹۵، وزن ۹/۹۸±۸۲/۷، قد ۷/۲۶±۱۷۲/۵ و شاخص توده بدنی ۳/۷±۲۷/۸۹ بود که به‌صورت داوطلبانه در این مطالعه شرکت کردند. این افراد برای شرکت در تحقیق کاملاً مختار بودند و در هر مرحله از مطالعه می‌توانستند از آن خارج شوند. در عین حال مخاطرات شرکت در مطالعه شامل آزمون‌ها و مکمل‌دهی نیز برای آن‌ها تشریح شد. بعد از تکمیل پرسش‌نامه پزشکی PAR-Q و فرم رضایت‌نامه افراد به‌صورت تصادفی در دو گروه ۱۰ نفره شامل گروه آب چغندر یا مکمل (BJ) و گروه دارونما (PLA) قرار گرفتند.

روش و ابزارهای اندازه‌گیری

برای اجرای تحقیق اندازه‌گیری در دو مرحله انجام شد. از هر یک از شرکت‌کنندگان درخواست شده بود ۱۲ ساعت پیش از اجرای مطالعه از دارو به‌ویژه کاهنده‌های فشارخون استفاده نکنند و ۳ ساعت قبل از شروع آزمون نیز از مصرف غذا و کافئین خودداری کنند [۱۸].

در اولین جلسه حضور شرکت‌کنندگان در آزمایشگاه، قد، وزن، ضربان قلب و فشارخون آن‌ها در حالت استراحت اندازه‌گیری و ثبت شد. قد با استفاده از قدسنج دیواری (Stature، تایوان) و وزن (با حداقل لباس) با استفاده از ترازوی دیجیتالی (Sonsun-2003A، چین) اندازه گیری شد. همچنین برای اندازه‌گیری فشارخون و ضربان قلب از فشارسنج دیجیتالی (BM54 beurer) آلمانی و کاف سایز ۲۲-۴۴ (رده‌بندی WHO) استفاده شد که هشدار خطای اندازه‌گیری، نشانگر آریتمی و سنجش ضربان قلب داشت و قابلیت انتقال داده‌ها به گوشی هوشمند را با استفاده از نرم‌افزار (Health Manager) داشت. همه اندازه‌گیری‌ها از دست راست آزمودنی‌ها و در وضعیتی انجام شد که دست آن‌ها موازی با سطح قلبشان قرار داشت. در حین اجرای تحقیق، یک پزشک در محل انجام مطالعه حاضر بود.

اندازه‌گیری قدرت عضلانی

پس از اندازه‌گیری‌های اولیه، آزمون قدرت دینامیک در حرکت پرس پا و پرس نظامی از آزمودنی‌ها گرفته شد [۱۹]. برای این منظور ابتدا شکل اجرای صحیح حرکت به آزمودنی‌ها آموزش داده شد. برای گرم کردن، ابتدا شرکت‌کنندگان ۵ دقیقه گرم‌کردن را روی دوچرخه ارگومتر انجام دادند و پس از آن، یک حرکت را با ۵۰ درصد بار پیش‌بینی‌شده توسط خود آزمودنی، برای گرم کردن و آشنایی با روش اجرا انجام دادند. پس از دو دقیقه استراحت، شرکت‌کنندگان یک ست از حرکت پرس پا را با میزان بار پیش‌بینی‌شده همراه با حداکثر تکرار انجام دادند. سپس از با استفاده از فرمول ۱، میزان یک تکرار بیشینه تقریبی محاسبه شد که در آن W به‌عنوان وزنه و R به‌عنوان حداکثر تکرار اجراشده درنظر گرفته شد.

فرمول ۱:

$$1RM = W \div \{1.02787 - (0.0278 \times R)\}$$

پس از ۳ تا ۵ دقیقه استراحت، ۹۰ درصد از یک تکرار بیشینه تقریبی توسط آزمودنی لیفت شد. درصورتی‌که آزمودنی موفق به اجرای حرکت بیش از یک بار می‌شد، ۲/۵ تا ۵ درصد وزنه به این وزنه اضافه می‌شد و پس از استراحت، حرکت دوباره اجرا می‌شد. این برنامه تا زمانی ادامه داشت که آزمودنی تنها موفق به اجرای یک حرکت صحیح می‌شد. میزان وزنه نهایی به‌عنوان قدرت دینامیک آزمودنی‌ها در آن حرکت در نظر گرفته شد [۱۹]. برنامه ذکرشده برای اندازه‌گیری قدرت دینامیک حرکت پرس نظامی نیز مشابه بود.

پس از اتمام آزمون، فشارخون و ضربان قلب به صورت پیوسته به مدت ۵ دقیقه (هر دقیقه) بررسی و ثبت شد. میزان درک فشار حین آزمون نیز با استفاده از خط‌کش ۱۰ سانتی‌متری ارزیابی شد. پس از آن، آزمون یک تکرار بیشینه (1RM) پرس نظامی از آزمودنی‌ها گرفته شد که درک فشار، فشارخون و ضربان قلب پس از اتمام آزمون به همان شکل قبل ثبت شد. در ادامه اندازه‌گیری فشارخون و ضربان قلب، ۳۰ و ۶۰ دقیقه پس از پایان آزمون یک تکرار بیشینه، مجدداً تکرار شد.

این اندازه‌گیری‌ها به‌طور مشابه در جلسه دوم تکرار شد. قبل از جلسه دوم، از شرکت‌کنندگان درخواست شد برای جلوگیری از ریشه‌کن کردن باکتری‌های دهانی که به مسیر NO3-NO2-NO کمک می‌کند، ۲۴ ساعت قبل از آزمون، از مصرف الکل و ضدعفونی کردن با دهان‌شویه، جویدن آدامس و مسواک زدن پرهیز کنند [۱۰،۱۲،۱۳]. ۲/۵ ساعت قبل از جلسه، ۴/۵ میلی‌لیتر آب چغندر به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن به گروه مکمل و به همان میزان شبه‌دارو شامل یک شربت بدون کالری با طعم و ظاهر مشابه به گروه دارونما داده شد [۱۲]. آزمودنی‌ها نسبت به نوع نوشیدنی مصرفی آگاهی نداشتند. برای تهیه آب چغندر طبق تحقیقات پیشین، برای حذف خاک و آلودگی‌ها چغندرها ابتدا ۳ تا ۴ بار با آب شیرین شسته شدند. سپس به‌طور کامل پوست گرفته و بریده شدند و با استفاده از آبمیوه‌گیری هیدرولیک آب آن‌ها استخراج و با یک صافی دولایه فیلتر شد. این مایع در ظرف استیل در دمای ۹۶ درجه به مدت ۷۲۰ ثانیه پاستوریزه شد و پس از آن به آب سرد با دمای تقریبی ۲ درجه به مدت ۲ تا ۳ دقیقه منتقل شد. سپس تا زمان مصرف در ظرف استریل شیشه‌ای در دمای ۴ درجه یخچال نگهداری شد [۹،۲۰].

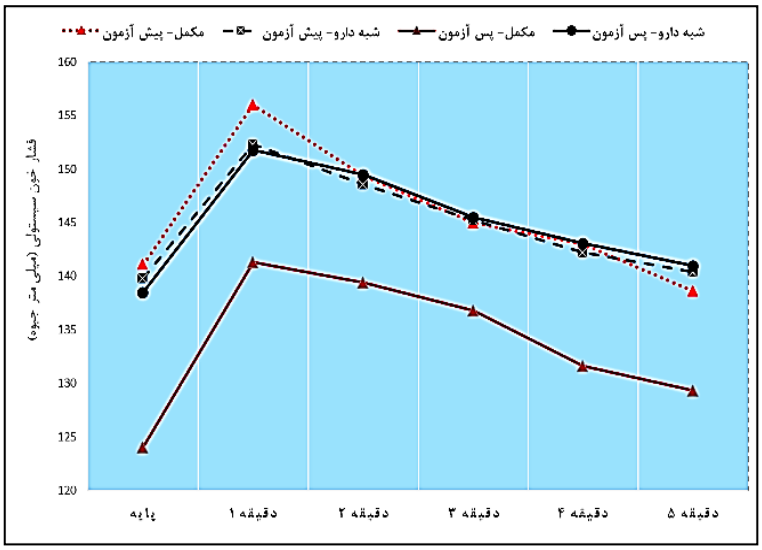
برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها ابتدا از آمار توصیفی برای نمایش داده‌ها (میانگین و انحراف استاندارد) استفاده شد. در مرحله بعد برای بررسی نرمال بودن توزیع متغیرها از آزمون شاپیرو ویلکس استفاده شد و بر اساس آن آزمون‌ها مشخص شدند. برای آزمون فرضیه‌ها از آزمون‌های تحلیل واریانس سه‌طرفه اندازه‌گیری‌های

مکرر (متغیرهای فشارخون سیستولی و دیاستولی و ضربان قلب)، تحلیل واریانس دوطرفه اندازه‌گیری‌های مکرر (قدرت عضلانی)، آزمون تی مستقل و آزمون یومن‌ویتنی (درک فشار) با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد. سطح معناداری $P\leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد. همچنین برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۹ استفاده شد.

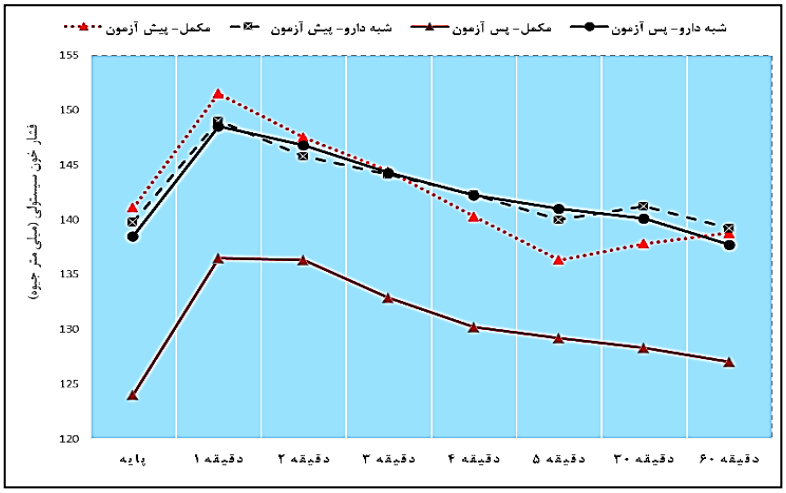
یافته‌ها

فشار خون

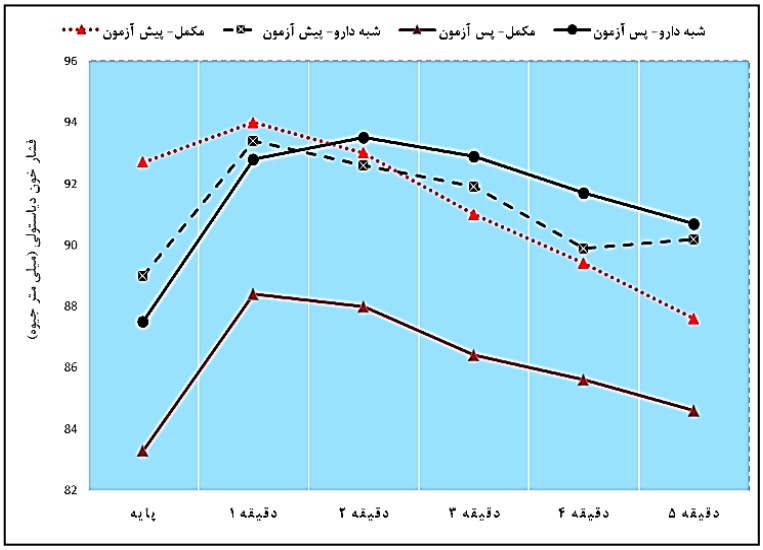
نتایج آزمون تحلیل واریانس سه‌طرفه، اثر تعاملی گروه (مکمل و دارونما)، مرحله (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) و زمان اندازه‌گیری در تغییرات فشار خون سیستولی به دنبال اجرای آزمون یک تکرار بیشینه پرس پا و پرس نظامی معنی‌دار است ($P=۰/۰۰۱$، $F=۴/۹۳۹$ برای پرس پا و $P=۰/۰۰۱$، $F=۵/۵۶۲$ برای پرس نظامی). برای بررسی بیشتر تغییرات فشارخون در هر مرحله، دو گروه با هم مقایسه شدند که نتایج حاکی از وجود تفاوت بین دو گروه در همه زمان‌هاست. شکل‌های ۱ و ۲ به ترتیب تغییرات فشار خون سیستولی به دنبال اجرای پرس پا و پرس نظامی را بین دو گروه مکمل و دارونما در پیش‌آزمون و پس‌آزمون نشان می‌دهند. همچنین نتایج تحلیل واریانس سه طرفه در بررسی تغییرات فشارخون دیاستولی به دنبال اجرای آزمون یک تکرار بیشینه تنها در پرس نظامی معنی‌دار است و این نسبت در پرس پا معنی‌دار نیست ($P=۰/۲۷۴$، $F=۱/۲۹۴$ برای پرس پا و $P=۰/۰۱۵$، $F=۲/۶۲۰$ برای پرس نظامی). با بررسی بیشتر نشان داده شد تغییرات فشارخون دیاستولی به دنبال اجرای آزمون یک تکرار بیشینه پرس نظامی در تمام زمان‌ها به‌جز دقیقه ۱ پس از انجام آزمون بین دو گروه مکمل و دارونما معنی‌دار است. شکل‌های ۳ و ۴ به ترتیب تغییرات فشار خون دیاستولی را به دنبال اجرای پرس پا و پرس نظامی بین دو گروه نشان می‌دهند.



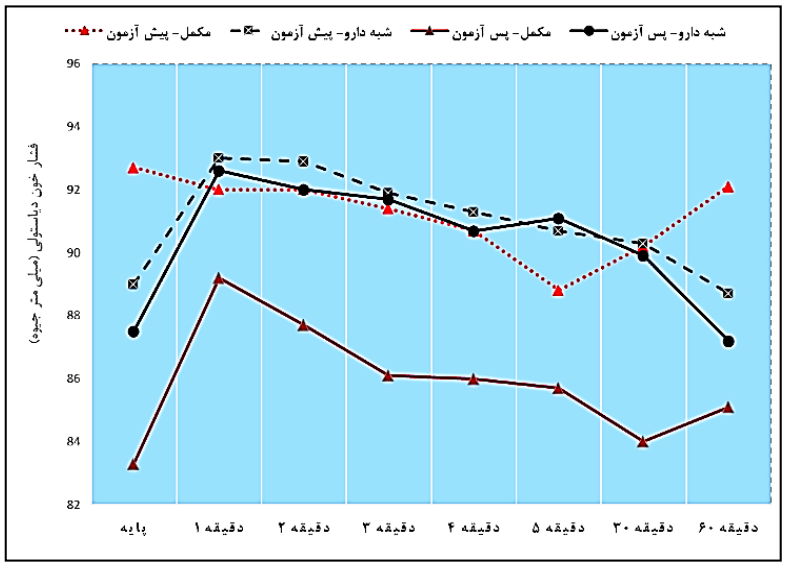
شکل ۱: تغییرات فشارخون سیستولی به دنبال اجرای پرس پا بین گروه‌های مکمل و دارونما



شکل ۲: تغییرات فشارخون سیستولی به دنبال اجرای پرس نظامی بین گروه‌های مکمل و دارونما



شکل ۳: تغییرات فشارخون دیاستولی به دنبال اجرای پرس پا بین گروه‌های مکمل و دارونما



شکل ۴: تغییرات فشارخون دیاستولی به دنبال اجرای پرس نظامی بین گروه‌های مکمل و دارونما

ضربان قلب

تحلیل واریانس سه‌طرفه اثر تعاملی گروه، مرحله و زمان اندازه‌گیری، نشان‌دهنده وجود تغییرات معنی‌دار در ضربان قلب به دنبال اجرای آزمون یک تکرار بیشینه در پرس نظامی است و این نسبت در پرس پا معنی‌دار نیست (P=۰/۳۵۹، F=۱/۱۱۳ برای پرس پا و P=۰/۰۰۸، F=۲/۸۶۷ برای پرس نظامی). تغییرات ضربان قلب به دنبال اجرای پرس نظامی در تمام زمان‌ها به‌جز دقیقه ۶۰ پس از آزمون، بین دو گروه مکمل و دارونما معنی‌دار است.

قدرت عضلانی

نتایج آزمون تحلیل واریانس دوطرفه اندازه‌گیری مکرر نشان داد در تغییرات قدرت عضلانی پرس پا بین گروه‌های مکمل و دارونما تفاوت معنی‌داری وجود دارد. این تفاوت در آزمون پرس نظامی بین دو گروه وجود نداشت (P=۰/۰۰۳، F=۱۱/۴۴۷ برای پرس پا و P=۰/۱۴۶، F=۲/۳۱۴ برای پرس نظامی). جدول ۱ این تغییرات را نشان می‌دهد.

درک فشار

درباره تغییرات درک فشار هنگام آزمون پرس پا و پرس نظامی، نتایج آزمون یومن‌ویتنی نشان می‌دهد تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های مکمل و دارونما وجود دارد (P=۰/۰۰۸، Z=-۲/۶۶ برای پرس پا و P=۰/۰۵، Z=-۱/۹۱۳ برای پرس نظامی). این تغییرات در جدول ۱ آمده است.

بحث

این مطالعه با هدف تعیین اثر آب چغندر بر تغییرات عملکردی (رکورد 1RM و درک فشار) و قلبی-عروقی (ضربان قلب، فشارخون سیستولی و دیاستولی) پس از یک جلسه فعالیت مقاومتی حاد در مردان مبتلا به پرفشاری خون انجام شده است که در ادامه نتایج حاصل از آن بررسی می‌شود.

جدول ۱: تغییرات قدرت عضلانی و درک فشار در گروه مکمل و دارونما

متغیر	گروه	مرحله	پرس پا		پرس نظامی	
			میانگین	SD	میانگین	SD
قدرت عضلانی	مکمل	پیش‌آزمون	۲۷۴/۶	۸۳/۱۸	۵۲/۷۶	۱۷/۷۲
		پس‌آزمون	۲۸۷/۶	۹۰/۶۷	۵۴/۱۱	۱۸/۴
	دارونما	پیش‌آزمون	۲۶۲/۹	۹۵/۶۶	۵۴/۷	۱۸/۲۵
		پس‌آزمون	۲۶۵	۹۷/۸۵	۵۵/۲	۱۸/۹۲
درک فشار	مکمل	پیش‌آزمون	۹/۱	۰/۸۷۶	۹/۴	۰/۸۴۳
		پس‌آزمون	۷/۷	۰/۹۴۹	۸/۲	۱/۰۳۳
	دارونما	پیش‌آزمون	۹	۰/۸۱۶	۹/۴	۰/۸۴۳
		پس‌آزمون	۸/۶	۰/۹۶۶	۸/۹	۰/۸۷۶

قدرت عضلانی

یافته‌های مطالعه حاضر نشان‌دهنده افزایش قدرت عضلانی پرس پا به دنبال مصرف آب چغندر است. البته این افزایش در پرس نظامی معنی‌دار نبود. بهبود قدرت عضلانی پس از مکمل‌یاری با آب چغندر در مطالعه‌های دیگر نیز گزارش شده است. Domínguez و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند آب چغندر به‌صورت یک دُز منفرد یا طی مصرف چند روزه عملکرد بی‌هوازی را در فعالیت‌های تناوبی شدید کوتاه‌مدت بهبود می‌بخشد. آن‌ها این بهبودی را به افزایش سرعت سنتز مجدد فسفوکراتین نسبت داده‌اند که افت آن را طی فعالیت‌های تکراری مانند فعالیت مقاومتی به تأخیر می‌اندازد [۹]. ازاین‌رو مکمل‌یاری آب چغندر قدرت عضله را از طریق مکانیزم انقباض-استراحت سریع‌تر عضله بهبود می‌بخشد. بااین‌حال مکانیسم دقیق آن نامشخص است.

Mosher و همکاران (۲۰۱۶) نیز اثرات شش روز مصرف آب چغندر را بر عملکرد طی تمرینات مقاومتی بررسی کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد آب چغندر باعث افزایش تعداد تکرار در تمرینات می‌شود و عملکرد قدرتی-استقامتی را ۱۸/۹ درصد بهبود می‌بخشد [۲۱]. چغندر غنی از نیترات (NO_3^-) است و با افزایش تولید اکسید نیتریک، موجب کاهش خستگی عضلانی در خلال دوره‌های کوتاه‌مدت فعالیت بی‌هوازی می‌شود [۲۱]. با توجه به اینکه در تحقیق حاضر قدرت عضلانی با استفاده از فرمول و بر اساس تکرار تعیین شده است، افزایش در میزان قدرت با افزایش تکرار محتمل به نظر می‌رسد. بااین‌حال یافته‌های برخی پژوهش‌ها در این زمینه با نتایج حاضر همسو نیست. Lee و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی اثر آب چغندر بر قدرت یا خستگی عضلات اکستنسور زانو ورزشکاران بهبودی را مشاهده نکردند [۲۲]. Jonvik و همکاران (۲۰۲۰) نیز در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که مکمل آب چغندر باعث افزایش حداکثر قدرت، عملکرد پرش و استقامت عضلانی در مردان سالم فعال نمی‌شود [۲۳]. علت این ناهمسویی احتمالاً به‌واسطه تمرین‌کرده بودن آزمودنی‌ها و میزان کمتر دُز آب چغندر در پژوهش‌های ناهمسو توجیه می‌شود.

میزان درک فشار

از طرف دیگر، مصرف آب چغندر ۱۵۰ دقیقه قبل از آزمون موجب کاهش درک فشار (بر اساس مقیاس RPE) حین اجرای آزمون یک تکرار بیشینه پرس پا و پرس نظامی در مردان مبتلا پرفشاری خون شد. این بدان معنی است که آزمودنی‌ها پس از مکمل‌یاری با آب چغندر اجرای آسان‌تری داشتند. مطالعات اندکی در خصوص میزان درک فشار پس از مصرف آب چغندر گزارش شده است. یافته‌های کردی و همکاران (۲۰۲۰) و Murphy و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد مصرف چغندر خام ۳ ساعت قبل از آزمون باعث کاهش معنی‌داری در میزان درک فشار هنگام دوی ۵ کیلومتر در کیلومتر ۱/۶ می‌شود؛ اما در کیلومتر ۳/۲ و پایان ۵ کیلومتر دویدن مؤثر نبوده است [۲۴، ۲۵]. با توجه به اینکه میزان درک فشار با کاهش فشار فیزیولوژیکی کاهش می‌یابد، کاهش فشارخون و ضربان قلب یا بدون تغییر ماندن آن موجب کاهش میزان درک فشار می‌شود. کاهش میزان درک فشار با دیگر یافته تحقیق حاضر، یعنی افزایش قدرت عضلانی همسو است.

فشارخون سیستولی و دیاستولی

مکمل‌یاری آب چغندر موجب کاهش فشارخون سیستولی در حالت استراحت و در تمام زمان‌ها به دنبال اجرای هر دو آزمون یک تکرار بیشینه شد. این نتایج با یافته‌های بسیاری از مطالعات پیشین همسو است که نشان دادند مصرف چغندر باعث کاهش فشارخون در حالت استراحت و تمرین می‌شود [۲، ۱۲، ۱۸، ۲۰، ۲۶، ۲۷]. مطالعه حاضر همچنین نشان داد مصرف آب چغندر موجب کاهش خفیف فشارخون دیاستولی در حالت استراحت و پس از فعالیت مقاومتی می‌شود که با یافته‌های پژوهش‌های قبلی همسو است [۱۸، ۲۰، ۲۶]. هرچند مطالعات پیشین اذعان کرده‌اند که آب چغندر تأثیر بیشتری در فشارخون سیستولی در مقایسه با فشارخون دیاستولی دارد [۲۸، ۲۹]. Bonilla و همکاران (۲۰۱۸) در یک مطالعه مروری سیستماتیک بیان کردند که مکمل آب چغندر یک استراتژی مقرون‌به‌صرفه، در دسترس، ایمن و مبتنی بر شواهد برای کاهش فشارخون در افراد سالم و بیماران

مبتلا به پرفشاری خون است [۲]. همچنین کاهش فشارخون استراحت و پس از تمرین به دنبال مصرف یک دُز حاد از آب چغندر ۲/۵ ساعت قبل از تمرین حاد تداومی با شدت متوسط گزارش شده است [۱۲].

محتمل‌ترین مکانیسم تأثیر آب چغندر در کاهش فشارخون مسیر NO/NO2-/NO3- است [۱۴]. مطالعات پیشین کاهش فشارخون را به دنبال مصرف آب چغندر به تغییر نیترات پلاسما نسبت داده‌اند که ممکن است به نیتریک اکساید تبدیل و موجب اتساع و کاهش مقاومت شریانی و درنهایت افت فشارخون شود [۱۴،۲۰]. احتمالاً برخی عوامل فردی مانند فشارخون پایه، وضعیت اضافه وزن/ چاقی، جنسیت و سن نیز بر اثرات مصرف آب چغندر بر فشارخون تأثیر می‌گذارد [۲، ۱۷، ۲۸-۳۱]. به نظر می‌رسد هنگامی که فشارخون پایه بالا باشد، آب چغندر تأثیر بیشتری در کاهش فشارخون داشته باشد [۳۰،۳۲]. این احتمال وجود دارد که پس از تمرین بالاتنه، افزایش بیشتری در فشارخون دیاستولی رخ دهد که مکمل توانسته است تأثیر بیشتری بر آن بگذارد.

در تحقیقاتی که کاهش فشارخون دیاستولی را پس از مصرف چغندر گزارش داده‌اند، مدت زمان و دُز مصرفی بیشتر بوده است [۲۴]. دُز مصرفی در مطالعه حاضر بر اساس مطالعات قبلی تعیین شده است که حجم ۷۰ تا ۵۰۰ میلی‌لیتر را پیشنهاد داده‌اند [۲]. بهادران و همکاران (۲۰۱۷) در یک مطالعه متاآنالیز پیشنهاد کردند که تجویز ۵۰۰ میلی‌لیتر آب چغندر ممکن است در کاهش فشارخون سیستولی و دیاستولی تأثیر داشته باشد [۳۲].

برخی تحقیقات یافته‌های متفاوتی را گزارش کرده‌اند [۲۵،۳۳]. Murphy و همکاران (۲۰۱۱) تأثیر آب چغندر را ۷۵ دقیقه قبل از آزمون بر عملکرد ورزشی بررسی کردند و تأثیر معنی‌داری را روی فشارخون سیستولی گزارش نکردند [۲۵]. این تناقض احتمالاً به دلیل زمان مصرف چغندر است؛ زیرا در پژوهش‌های گذشته بیان شده است که اوج نیترات پلاسما ۲/۵ تا ۳ ساعت پس از مصرف غذاهای حاوی نیترات رخ می‌دهد. در پژوهش Wilkerson و همکاران (۲۰۱۲) تأثیر مصرف آب چغندر ۲/۵ ساعت قبل از آزمون روی مردان دوچرخه‌سوار ماهر بررسی شد که فشارخون سیستولی نسبت به گروه دارونما کاهش نداشت. آن‌ها علت این تناقض را به مهارت آزمودنی‌ها نسبت دادند؛ زیرا در افراد تمرین‌کرده نیترات پایه معمولاً بالا است و تولید نیتریک اکساید از مسیر NOS بیشتر است [۳۳]. Bondonno و همکاران (۲۰۱۵) کاهش فشارخون را بعد از مصرف مکمل آب چغندر در بیماران مبتلا به پرفشاری خون که دارو مصرف می‌کردند، گزارش نکردند [۳۴]. هرچند مصرف داروها در این پژوهش به‌طور کامل کنترل نشده بود. از سوی دیگر جنسیت آزمودنی‌ها نیز متفاوت بود.

در مطالعه حاضر افراد بررسی‌شده مرد بودند. مطالعات اندکی تفاوت‌های جنسیتی را در میزان فشارخون در پاسخ به مصرف آب چغندر بررسی کرده‌اند. برخی مطالعات نیز گزارش داده‌اند که مردان نسبت به زنان پاسخ‌دهی بیشتری به آب چغندر نشان می‌دهند که احتمالاً به دلیل تفاوت‌های هورمونی باشد [۱۶،۱۷]. چنین پاسخی در دوران یاسگی در زنان بیشتر مشاهده می‌شود [۱۶]. Amaral و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند مصرف حاد آب چغندر با وجود افزایش NO2 بزاقی، بر فشارخون پس از ورزش در زنان یائسه مبتلا به پرفشاری خون تأثیری ندارد [۳۱]. از طرفی دیگر، سن آزمودنی‌ها نیز در این پاسخ تأثیرگذار است. هرچند برخی مطالعات کاهش فشارخون را بعد از مصرف آب چغندر در افراد سالمند گزارش کرده‌اند، مطالعات نشان می‌دهد آب چغندر تأثیر کمتری در افراد سال‌خورده در مقایسه با افراد جوان دارد [۲]. عکس‌العمل کمتر افراد سال‌خورده به اثرات NO3- در رژیم غذایی احتمالاً به دلیل سرعت کمتر تبدیل غیرآنزیمی NO2/NO3 به NO و همچنین کاهش پاسخ سلول‌های عضلانی صاف عروق به NO است. از سوی دیگر، سالمندی تغییراتی در میکروبیوتای دهان و معده ایجاد می‌کند که بر بازدهی تبدیل NO2 به NO تأثیر منفی می‌گذارد [۲].

ضربان قلب

کاهش ضربان قلب استراحت و ضربان قلب پس از فعالیت به دنبال مکمل‌یاری آب چغندر در این تحقیق گزارش شد. مطالعات قبلی درباره اثرگذاری آب چغندر بر ضربان قلب به نتایج متناقضی دست یافته‌اند. کردی و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه خود نشان دادند مصرف آب چغندر ۳ ساعت قبل از آزمون باعث کاهش میزان ضربان قلب هنگام دوی ۵ کیلومتر در کیلومتر ۱/۶ و ۳/۲ شده است، اما در پایان دویدن هیچ اختلاف معنی‌داری بین مصرف آب چغندر و دارونما مشاهده نکردند [۲۴]. Kenjale و همکاران (۲۰۱۱) نیز کاهش ضربان قلب را در ۲ دقیقه بعد از فعالیت به دنبال مصرف چغندر مشاهده کردند [۳۵]. از سوی دیگر، برخی مطالعات تغییر ضربان قلب را به دنبال مصرف چغندر گزارش نکرده‌اند [۲۵،۲۷،۳۶]. علت این ناهمسویی احتمالاً به سابقه تمرینی آزمودنی‌ها و زمان مصرف چغندر مربوط باشد. 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. ضربان قلب تحت تأثیر فشارخون است؛ بنابراین، زمان مصرف مکمل علاوه بر فشارخون بر ضربان قلب هم تأثیر دارد. همچنین در افراد تمرین‌کرده، مسیر NOS اهمیت بیشتری دارد و مسیر NO-NO2-NO3 کم‌اهمیت است؛ بنابراین، تأثیر این مسیر بر فشارخون کم می‌شود و درنتیجه در ضربان قلب تغییری به وجود نمی‌آید [۲۴].

این مطالعه ازجمله پژوهش‌های محدودی است که اثر آب چغندر را در افراد مبتلا به پرفشاری خون هنگام تمرین مقاومتی بررسی کرده است. بااین‌حال، تعمیم یافته‌های آن با محدودیت‌هایی روبه‌رو است. هرچند افزایش قابل توجه نیترات پلاسما با دُزهای آب چغندر مشابه با این مطالعه قبلاً گزارش

شده است، میزان نیترات پلاسما پیش و پس از مصرف آب چغندر توسط آزمودنی‌ها در گروه‌های مکمل و دارونما مستقیماً اندازه‌گیری نشده است. از سوی دیگر، ارتباط میزان نیترات پلاسما با بهبود عملکرد تا حد زیادی ناشناخته است. علاوه‌براین، پروتکل اندازه‌گیری یک تکرار بیشینه پرس پا و پرس نظامی که در مطالعه حاضر به‌عنوان یک جلسه تمرین مقاومتی در نظر گرفته شد، ممکن است قابل مقایسه با یک جلسه تمرین مقاومتی با توجه به تعداد حرکات، ست‌ها و تکرارها نباشد؛ بنابراین، هرچند از نظر شدت پروتکل‌ها مشابه هستند، ممکن است یک جلسه تمرین با توجه به حجم تمرین بیشتر، اثر متفاوتی را در افراد مبتلا به پرفشاری خون ایجاد کند.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی یافته‌های این مطالعه نشان داد مصرف آب چغندر موجب کاهش فشارخون سیستولی و دیاستولی و ضربان قلب در حالت استراحت و پس از فعالیت مقاومتی در مقایسه با دارونما می شود. علاوه‌براین، این نوشیدنی ممکن است موجب بهبود قدرت عضلانی پایین‌تنه و کاهش میزان درک فشار حین مقاومتی حاد در مردان مبتلا به فشارخون بالا شود؛ بنابراین، مصرف آب چغندر به میزان ۴/۵میلی‌لیتر به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن به عنوان یک روش آسان، در دسترس و بی‌خطر برای کنترل فشارخون در بیماران مبتلا به پرفشاری خون محسوب می‌شود و از خطر افزایش فشارخون حین تمرین مقاومتی جلوگیری می‌کند.

تشکر و قدردانی

این مقاله از پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی مصوب دانشگاه شمال گرفته شده است. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از تمام شرکت‌کنندگان قدردانی کنند. همچنین از داوران محترمی که با نظرات خویش موجب افزایش کیفیت این مقاله شدند، سپاسگزاری می‌شود.

تضاد منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی با نتایج ارائه‌شده ندارند.

ملاحظات اخلاقی

این مطالعه از کمیته اخلاق در پژوهش پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی با شناسه IR.SSRC.REC.1400.012 تأییدیه دارد. شرکت‌کنندگان فرم رضایت‌نامه و اطلاعات پزشکی را تکمیل کردند و برای معاینه بیشتر نزد پزشک متخصص فرستاده شدند. ضمناً افراد برای شرکت در تحقیق کاملاً مختار بودند و در هر مرحله از مطالعه می‌توانستند از آن خارج شوند.

سهم نویسندگان

نویسنده اول (پژوهشگر اصلی): طراحی پروژه، تحلیلگر آماری، تدوین بخش روش‌شناسی و ویرایش مقاله ۵۰ درصد؛ نویسنده دوم (پژوهشگر اصلی): مسئول مکاتبات، جمع‌آوری و ورود داده‌ها، تدوین بخش مقدمه، بحث و نتیجه‌گیری، بازنگری متون ۵۰ درصد.

حمایت مالی

این پروژه از سوی هیچ سازمان و ارگانی تأمین مالی نشده است.

REFERENCES

1. DeGuire J, Clarke J, Rouleau K, Roy J, Bushnik T. Blood pressure and hypertension. *Health Rep.* 2019;**30**(2):14-21. PMID: 30785635 DOI: 10.25318/82-003-x201900200002
2. Bonilla Ocampo DA, Paipilla AF, Marín E, Vargas-Molina S, Petro JL, Pérez-Idárraga A. Dietary Nitrate from Beetroot Juice for Hypertension: A Systematic Review. *Biomolecules.* 2018;**8**(4). PMID: 30400267 DOI: 0.3390/biom8040134
3. Feigin V, Collaborators GRF. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet.* 2016;**388**(10053):1659-724. PMID: 27733284 DOI: 10.1016/S0140-6736(16)31679-8
4. Whelton SP, Chin A, Xin X, He J. Effect of aerobic exercise on blood pressure: a meta-analysis of randomized, controlled trials. *Ann Intern Med.* 2002;**136**(7):493-503. PMID: 11926784 DOI: 10.7326/0003-4819-136-7-200204020-00006
5. Afsharnezhad T, Amani A, Khorsandi M, Safar Zadeh S. The effects of 8-weeks unilateral resistance training on strength, time to task failure, and synergist co-activation of elbow flexor Muscles in trained and untrained limbs. *JAHSSP.* 2018;**5**(1):28-36. DOI: 10.22049/jassp.2019.26572.1235
6. Wallace JP. Exercise in hypertension. *Sports Med.* 2003;**33**(8):585-98. PMID: 12797840 DOI: 10.2165/00007256-200333080-00004
7. Baster-Brooks C, Baster T. Exercise and hypertension. Australian family physician. 2005;34(6):419. PMID: 15931399
8. Domínguez R, Cuenca E, Maté-Muñoz JL, García-Fernández P, Serra-Paya N, Estevan MCL, et al. Effects of beetroot juice supplementation on cardiorespiratory endurance in athletes. A systematic review. *Nutrients.* 2017;**9**(1):43. PMID: 28067808 DOI: 10.3390/nu9010043
9. Domínguez R, Maté-Muñoz JL, Cuenca E, García-Fernández P, Mata-Ordoñez F, Lozano-Estevan MC, et al. Effects of beetroot juice supplementation on intermittent high-intensity exercise efforts. *J Int Soc Sports Nutr.* 2018;**15**(1):1-12. PMID: 29311764 DOI: 10.1186/s12970-017-0204-9
10. Tweedie SJ. Effects of beetroot juice, protein supplementation, and resistance training on strength in older adults: Wake Forest University; 2015.
11. Ormsbee MJ, Lox J, Arciero PJ. Beetroot juice and exercise performance. *Nutr. Diet. Suppl.* 2013;**5**:27-35. DOI: 10.2147/NDS.S52664
12. Mayhook M. The effect of acute beetroot supplementation on post exercise hypotension: Cardiff Metropolitan University; 2016.
13. Domínguez R, Garnacho-Castaño MV, Cuenca E, García-Fernández P, Muñoz-González A, De Jesús F, et al. Effects of beetroot juice supplementation on a 30-s high-intensity inertial cycle ergometer test. *Nutrients.* 2017;**9**(12):1360. PMID: 29244746 DOI: 10.3390/nu9121360
14. Wylie LJ, Mohr M, Krustrup P, Jackman SR, Ermıdis G, Kelly J, et al. Dietary nitrate supplementation improves team sport-specific intense intermittent exercise performance. *Eur J Appl Physiol.* 2013;**113**(7):1673-84. PMID: 23370859 DOI: 10.1007/s00421-013-2589-8
15. Carey RM, Whelton PK. Prevention, Detection, Evaluation,

and Management of High Blood Pressure in Adults: Synopsis of the 2017 American College of Cardiology/American Heart Association Hypertension Guideline. *Ann Intern Med.* 2018;**168**(5):351-8. PMID: 29357392 DOI: 10.7326/M17-3203
16. Kapil V, Milsom AB, Okorie M, Maleki-Toyserkani S, Akram F, Rehman F, et al. Inorganic nitrate supplementation lowers blood pressure in humans: role for nitrite-derived NO. *Hypertension.* 2010;**56**(2):274-81. PMID: 20585108 DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.110.153536
17. Coles LT, Clifton PM. Effect of beetroot juice on lowering blood pressure in free-living, disease-free adults: a randomized, placebo-controlled trial. *Nutr J.* 2012;**11**(1):106. PMID: 23231777 DOI: 10.1186/1475-2891-11-106
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):R1121-R31. PMID: 20702806 DOI: 10.1152/ajpregu.00206.2010
19. Afsharnezhad T, Ramezani E. Local Muscle Cooling (LMC) as A New Blood Flow Restriction Technique: The Effect of 8-Weeks Resistance Training with LMC on Knee Extensor Muscle Thickness, Strength and Activation. *Sport Physiology.* 2018;**10**(39):165-84.
20. Wylie LJ, Kelly J, Bailey SJ, Blackwell JR, Skiba PF, Winyard PG, et al. Beetroot juice and exercise: pharmacodynamic and dose-response relationships. *J Appl Physiol (1985).* 2013;**115**(3):325-36. PMID: 23640589 DOI: 10.1152/japplphysiol.00372.2013
21. Mosher SL, Sparks SA, Williams EL, Bentley DJ, Mc Naughton LR. Ingestion of a nitric oxide enhancing supplement improves resistance exercise performance. *J Strength Cond Res.* 2016;**30**(12):3520-4. PMID: 27050244 DOI: 10.1519/JSC.0000000000001437
22. Lee S, Abel MG, Thomas T, Symons TB, Yates JW. Acute beetroot juice supplementation does not attenuate knee extensor exercise muscle fatigue in a healthy young population. *J Exerc Nutrition Biochem.* 2019;**23**(1):55. PMID: 31010275 DOI: 10.20463/jenb.2019.0008
23. Jonvik KL, Hoogervorst D, Peelen HB, De Niet M, Verdijk LB, Van Loon LJ, et al. The impact of beetroot juice supplementation on muscular endurance, maximal strength and countermovement jump performance. European Journal of Sport Science. 2020:1-8. PMID: 32594854 DOI: 10.1080/17461391.2020.1788649
24. Kordi MR, Salimi Nahrsolduz M, hooshmand moghadam b. The effects of beetroot consumption on blood pressure, heart rate, perceived exertion and the speed of running in young female athletes. *Sci. J. Kurdistan Univ. Medical Sci.* 2020;**25**(4):79-92.
25. Murphy M, Eliot K, Heuertz RM, Weiss E. Whole beetroot consumption acutely improves running performance. *J Acad Nutr Diet.* 2012;**112**(4):548-52. PMID: 22709704 DOI: 10.1016/j.jand.2011.12.002
26. Satyanand V, Vali S, Krishna B. A study of beet root derived dietary nitrate efficacy on performance of Runners. *Ind J Basic Appl Med Res.* 2014;**3**:690-5.
27. Bond V, Curry BH, Adams RG, Asadi MS, Millis RM, Haddad GE. Effects of dietary nitrates on systemic and cerebrovascular hemodynamics. *Cardiol Res Pract.* 2013;2013. PMID: 24455404 DOI: 10.1155/2013/435629
28. 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):868-75. PMID: 25294299 DOI: 10.1016/j.nutres.2014.09.007
29. Ashor AW, Lara J, Siervo M. Medium-term effects of dietary nitrate supplementation on systolic and diastolic blood pressure in adults: a systematic review and meta-analysis. Journal of hypertension. 2017;35(7):1353-9. PMID: 28319596 DOI: 10.1097/HJH.0000000000001305
30. Kapil V, Khambata RS, Robertson A, Caulfield MJ, Ahluwalia A. Dietary nitrate provides sustained blood pressure lowering in hypertensive patients: a randomized, phase 2, double-blind, placebo-controlled study. *Hypertension.* 2015;**65**(2):320-7. PMID: 25421976 DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.114.04675
31. Amaral AL, Mariano IM, Carrijo VHV, de Souza TCF, Batista JP, Mendonça AM, et al. A single dose of beetroot juice does not change blood pressure response mediated by acute aerobic exercise in hypertensive postmenopausal women. *Nutrients.* 2019;**11**(6):1327. PMID: 31200505 DOI: 10.3390/nu11061327
32. Bahadoran Z, Mirmiran P, Kabir A, Azizi F, Ghasemi A. The nitrate-independent blood pressure–lowering effect of beetroot juice: A systematic review and meta-analysis. *Adv Nutr.* 2017;**8**(6):830-8. PMID: 29141968 DOI: 10.3945/an.117.016717
33. 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):4127-34. PMID: 22526247 DOI: 10.1007/s00421-012-2397-6
34. Bondonno CP, Liu AH, Croft KD, Ward NC, Shinde S, Moodley Y, et al. Absence of an effect of high nitrate intake from beetroot juice on blood pressure in treated hypertensive individuals: a randomized controlled trial. The American journal of clinical nutrition. 2015;102(2):368-75. PMID: 26135348 DOI: 10.3945/ajcn.114.101188
35. Kenjale AA, Ham KL, Stabler T, Robbins JL, Johnson JL, VanBruggen M, et al. Dietary nitrate supplementation enhances exercise performance in peripheral arterial disease. *J Appl Physiol (1985).* 2011;**110**(6):1582-91. PMID: 21454745 DOI: 10.1152/japplphysiol.00071.2011
36. Cermak NM, Stinkens R, Lundberg JO, Gibala MJ, Van Loon LJ. No improvement in endurance performance after a single dose of beetroot juice. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2012; **22**(6):470-8. PMID: 22805107 DOI: 10.1123/ijsnem.22.6.470