Journal of North Khorasan University of Medical Sciences
No 46, Volume 12, Issue 2

Original Article

The Effects of Resistance Training and Beet Water Supplementation On CRP, PC, LOOH in Male Rat

Farah Nameni [1,*], Morteza Tajik [2]

[1] Department of Physical Education, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran
[2] Assistant Professor, Department of Physical Education, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran
*** Corresponding author:** Farah Nameni, Department of Physical Education, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran. E-mail: f.nameni@yahoo.co.uk

DOI: 10.29252/nkjmd-12027

How to Cite this Article:
Nameni F, Tajik M. The Effects of Resistance Training and Beet Water Supplementation On CRP, PC, LOOH in Male Rat. *J North Khorasan Univ Med Sci*. 2020;**12**(2):37-43. DOI: 10.29252/nkjms-12027

Received: 21 Jul 2019
Accepted: 30 May 2020
Keywords:
Beetroot Juice
Resistance Training
CRP
LOOH
PC

Abstract

Introduction: Beetroot is a nutritious food in the food industry, but its importance is not well known among athletes. This natural supplement can effectively enhance and control immunity factors, lipid peroxidation, cellular protein carbonylation, and counteracting oxidative indices. Therefore, the aim of this study was to investigate the effects of resistance training and beet juice supplementation on CRP, LOOH, and PC in male rats.

Methods: In this experimental study, 48 Vistar male rats (8-10 weeks of age) were first familiarized with the new environment, and then assigned randomly to four groups (n = 12, 210 ± 20 g): resistance training, resistance training + supplement, supplement, and placebo. The exercise protocol was designed with an intensity of 70-75% of rat weights and continued increasingly for 8 weeks, with four sessions a week. Beetroot juice in supplement and supplement + resistance training groups was provided as gavage with a dose 8 mg/kg/bw. Blood samples were collected immediately after the last training session with similar conditions. One-way analysis of variance and Bonferroni test were used to determine the significance of the changes ($P \leq 0.05$).

Results: After 8 weeks, significant reductions were observed in values of CRP (P = 0/05), LOOH (P = 0/001) and PC (P = 0/004) in the resistance training + supplement and supplement groups.

Conclusions: The results of this research showed that adaptation to the protocol of training and beet juice supplementation could exert its antioxidant effects by reducing CRP, lipid peroxidation, and protein carbonylation hence this supplement can be used to improve the immune system.

Copyright *© 2020 The Author(s); Published by Journal of North Khorasan Medical Sciences. This is an open access article, distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses /by-nc/4.0/) which permits others to copy and redistribute material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.*

مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی
دوره ۱۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹

مقاله پژوهشی

تاثیرمصرف آب چغندر و تمرین مقاومتی بر پروتئین واکنشگر C، پروتئین کربونیل و لیپید هیدروپراکسید سرم در رت

فرح نامنی [۱،*]، مرتضی تاجیک [۲]

[۱] گروه تربیت بدنی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران
[۲] استادیار گروه تربیت بدنی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران
[*] **نویسنده مسئول:** فرح نامنی، گروه تربیت بدنی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران. ایمیل: f.nameni@yahoo.co.uk

DOI: 10.29252/nkjms-12027

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۱۰
واژگان کلیدی:
آب چغندر
تمرین مقاومتی
پروتئین واکنشگر C
لیپید هیدروپراکسید
پروتئین کربونیل

چکیده

مقدمه: چغندر یک ماده غذایی کاربردی در صنایع غذایی است ولی جایگاه آن در میان ورزشکاران به بخوبی مشخص نیست. این مکمل طبیعی ممکن است در تقویت و کنترل عوامل ایمنی، پراکسیداسیون لیپیدی و کربونیله شدن پروتئین سلولی و مقابله با شاخص‌های اکسایشی مؤثر باشد. لذا هدف از این پژوهش بررسی اثرات یک دوره تمرین مقاومتی و مکمل یاری آب چغندر بر پروتئین واکنشگر C، لیپید هیدروپراکسید و پروتئین کربونیل در سرم رت های نربود.

روش کار: دراین مطالعه تجربی ۴۸ رت نر (۱۰- ۸ هفته‌ای) نژاد ویستار پس از آشنایی با محیط جدید به طور تصادفی در ۴ گروه (۱۲ تایی با وزن ۲۰ ± ۲۱۰): گروه دارونما، گروه تمرین مقاومتی، گروه مکمل، گروه تمرین مقاومتی+ مکمل قرار گرفتند. برنامه تمرینی به مدت ۸ هفته و هفته‌ای ۴ جلسه انجام شد. پروتکل تمرینی با شدت ۷۰ تا ۷۵ درصد وزن رت ها به صورت فزاینده تا هفته هشتم طراحی شده بود. مکمل آب چغندر درگروه های مکمل و مکمل+ تمرین مقاومتی روزانه با دوز ۸ mg/kg/bw به صورت گاواژ دریافت می‌کردند. خونگیری بلافاصله پس از آخرین جلسه تمرینی و با شرایط مشابه انجام شد. ازآزمون تحلیل واریانس یک طرفه و آزمون بونفرونی برای تعیین معناداری تغییرات استفاده شد ($P \geq ۰/۰۵$).

یافته‌ها: پس از ۸ هفته در مقادیر پروتئین واکنشگر C و پروتئین کربونیل و لیپید هیدروپراکسید در گروه‌های مکمل و تمرین مقاومتی+مکمل کاهش مشاهده شد. این کاهش در شاخص‌های پروتئین واکنشگر C ($P = ۰/۰۵$)، پروتئین کربونیل ($P = ۰/۰۰۱$) و هیدروپراکسید لیپید ($P = ۰/۰۰۴$) معنادار گزارش شد.

نتیجه گیری: نتایج این تحقیق نشان داد سازگاری به پروتکل تمرین و مکمل یاری آب چغندر با اثرات آنتی اکسیدانی، موجب کاهش پروتئین واکنشگر C، پراکسیداسیون لیپیدی و کربونیله شدن پروتئین‌ها شده است و برای بهبود سیسم ایمنی می‌توان از این مکمل استفاده کرد.

مقدمه

آب چغندر یک مکمل ارگوژنیک و دارای مقادیر زیاد پتاسیم، فسفر، کلسیم، گوگرد، ید، آهن، مس، روبیدیوم، کلسیم [۱] و حاوی همه اسیدهای آمینه ضروری است [۲]. برخی مطالعات نشان داده است که آب چغندر غلظت نیترات را در عضلات افزایش داده و کارایی فیزیکی و سرعت تصمیم گیری را ارتقاء می‌بخشد. گزارش شده است نیترات موجود در آب چغندر در زمان استراحت باعث افزایش اتساع عروق و در نهایت منجر به تسهیل عملکرد قلب شده است. البته نمونه‌های این پژوهش بیماران بوده‌اند. با توجه به نقش نیترات، برخی از ورزشکاران نیز هنگام تمرین، برای افزایش جریان خون و اکسیژن رسانی به عضلات از آب چغندر استفاده می‌کنند [۱]. اهمیت نیتریک اکساید به هنگام ورزش، ناشی از نقش آن در کنترل سوخت و ساز سلولی، افزایش کارایی عضلات و تعویق زمان خستگی است [۱]. سایر نقش‌های احتمالی آب چغندرتاثیر بر سیستم ایمنی و التهابی و آنتی اکسیدانی می‌باشد. تأثیر مکمل‌ها درکنار تمرینات ورزشی ممکن است باعث ارتقاء سطح عملکرد و بهبود دستگاه‌های مختلف بدن شود. تمرینات مقاومتی و کار با وزنه بخش بزرگی از پروتکل‌های ورزشی را تشکیل می‌دهد که موجب کسب و افزایش قدرت بدنی می‌شود [۳]. اما این روش تمرینی ممکن است عامل مهمی در تغییرات عوامل التهابی و اکسیداتیو باشد و مصرف مکمل ممکن است این تاثیرات را کاهش دهد یا خنثی سازد. پروتئین واکنشگر C (CRP)، از واسطه‌های التهابی مهم است که با مکانیسم‌های مختلفی مانند کاهش تولید نیتریک اکساید، افزایش چسبندگی مولکول‌ها و تغییر جذب لیپوپروتئین با چگالی پایین توسط ماکروفاژها، می‌تواند باعث تخریب عروق شود [۴, ۵]. شاخص دیگر آسیب‌های اکسیداتیو درغشای لیپوپروتئینی سلول‌ها و ساختارهای لیپیدی، لیپید هیدروپراکسید (LOOH) است که واسطه واکنش‌های پراکسیداتیو فعالیت گونه‌های رادیکال هیدروکسیل، لیپیدوکسیل، اکسیژن مولکولی و پراکسی نیتریت محسوب می‌شود. همچنین این ترکیب واسطه غیر رادیکالی مهم پراکسیداسیون لیپیدی است [۶].

Copyright *© 2020 The Author(s); Published by Journal of North Khorasan Medical Sciences. This is an open access article, distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses /by-nc/4.0/) which permits others to copy and redistribute material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.*

پروتئین کربونیل (PC) نیز از مهم‌ترین بیومارکرهای اکسیداسیون پروتئین‌ها و از نظر شیمیایی پایدار می‌باشد. گروه‌های پروتئین کربونیل از طریق اکسیداسیون مستقیم اسیدهای آمینه یا در اثر واکنش ثانویه با محصولات اکسیداسیون اولیه قندها و لیپیدها ایجاد می‌شوند. اثرات اکسیداتیوی باعث تغییراتی در ساختار و عملکرد پروتئین‌ها می‌شوند [۷]. اشاره شده است، مکمل یاری برگ چغندر به مدت چهار هفته در رت، موجب کاهش پاسخ انقباضی سیستم عروقی و جلوگیری از بروز فشار خون شده و برکاهش عوامل التهابی ناشی از ورزش نیز تأثیر داشته اشت [۲]. کلیفورد و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی به بررسی تأثیر آب چغندر بر بازیابی عملکرد عضلات حین تمرین و حداکثر سرعت دویدن پرداخته‌اند [۸]. سرعت و استرس اکسیداتیو تأثیری بر کراتین کیناز، پروتئین واکنشگر C، پروتئین کربونیل، هیدروپراکسید لیپید و رادیکال آزاد آسکوربیل و عملکرد آزمودنی‌ها نداشت [۹]. پینا و همکاران (۲۰۱۴) نیز در مطالعه خود به بررسی تأثیر آب چغندر قند بر پاسخ آستانه هوازی در تمرین شنا پرداختند. نتایج نشان داد که آب چغندرقند بر عملکرد شناگران تأثیر منفی گذاشته ولی حجم توان را در آستانه بی هوازی افزایش داده است [۱۰]. در همین راستا، لیال (۲۰۱۶) تأثیر مصرف آب چغندر را بر سرعت سینتیک جذب اکسیژن و آستانه تحمل در حین ورزش شدید بررسی کرد. مکمل آب چغندر قند سرعت جذب اکسیژن و آستانه تحمل را در حین ورزش شدید با تمرینات متابولیک افزایش داده بود [۱۱]. مکمل‌های غذایی نیتراتی نیز ممکن است پاسخ‌های فیزیولوژیکی به ورزش را از طریق اثرات خاص بر روی تارهای عضلانی نوع دو (تند انقباض) تغییر دهد [۱۲]. انتظار می‌رود تمرین شدید متابولیسم را تا فعال سازی نسبی فیبرهای عضلانی افزایش داده باشد. برخی مطالعات بهبود عملکرد آزمودنی‌ها را با مصرف مکمل آب چغندر در فعالیت‌های ورزشی گوناگون گزارش کرده‌اند اما تعدادی دیگر از این مطالعات نتایج متضادی رانشان داده‌اند [۱۳-۱۵]. برخی محققان معتقدند، فعالیت بدنی شدید و طولانی مدت می‌تواند باعث افزایش تولید گونه‌های فعال و رادیکال‌های آزاد شده و منجر به بروز استرس اکسیداتیو و بر هم خوردن توازن بین گونه‌های فعال و سیستم آنتی اکسیدانی و تولید گونه‌های فعال و رادیکال‌های آزاد شود [۱۶]. همچنین هنگام ورزش سنگین سطوح بالایی از هورمون‌های استرس تولید می‌شود که موجب کاهش موقت برخی از اثرات سیستم ایمنی شود. مطالعاتی که تأثیر آب چغندر را بر استرس اکسایشی حاصل از ورزش و پاسخ سیستم ایمنی، نشان دهد اندک می‌باشد. یافتن مکملی مجاز با حداکثر کارایی، حداقل عوارض جانبی، افزایش عملکرد در ورزش‌های رقابتی برای نزدیک شدن به رکوردهای جهانی همیشه مورد توجه بوده است. با توجه به این که بخش مهمی از تمرینات قدرتی همراه با خستگی و درماندگی همراه است و منجر به تغییرات متابولیکی، التهابی و عصبی می‌شود، لذا برای بررسی و کاهش و یا پیشگیری از عوارض جانبی فعالیت‌های جسمانی، نتایج حاصل از این پژوهش می تواند یک مکمل طبیعی و ارگانیک را معرفی نماید. البته چغندر و مشتقات آن در مواد غذایی و صنایع غذایی کاربردی زیادی دارد ولی مصرف آن در میان ورزشکاران به عنوان مکمل هنوز مشخص نیست [۱۷, ۱۸]. این مکمل طبیعی ممکن است در جهت کنترل عوامل ایمنی، پراکسیداسیون لیپیدی و کربونیله شدن پروتئین سلولی مؤثر باشد. لذا با توجه به تناقضات موجود هدف از این پژوهش بررسی اثرات یک دوره تمرین قدرتی و مصرف همزمان مکمل آب چغندر بر پروتئین واکنشگر C، لیپید هیدروپراکسید، پروتئین کربونیل بود.

روش کار

پژوهش حاضر از نظر هدف تحقیق کاربردی و در قالب یک طرح کارآزمایی، به صورت تجربی انجام شد. نمونه تحقیق رت های نر نژاد ویستار ۱۰-۸ هفته‌ای با وزن ۲۰ ± ۲۱۰ گرم بودند. بر طبق اصول اخلاقی کار کردن با حیوانات آزمایشگاهی ۴۸ سر رت خریداری و به آزمایشگاه حیوانات منتقل شدند. شرایط محیطی با دمای ۳ ± ۲۲ و رطوبت ۵۵-۴۵ درصد کنترل شد. سپس آنها به شکل تصادفی ساده در ۴ گروه ۱۲ تایی (گروه دارونما، گروه تمرین مقاومتی، گروه مکمل، گروه تمرین مقاومتی + مکمل) تقسیم و در قفس‌های جداگانه قرار گرفتند. رت ها در طی مراحل تحقیق در قفس‌های پلی کربنات شفاف در ابعاد ۱۵×۱۵×۳۰، با شرایط نگهداری یکسان قرار داشتند. با توجه به اصول مراقبت از حیوانات آزمایشگاهی و کمیته اخلاق، رژیم غذایی استاندارد و آب برای تأمین نیاز بدن و بلع غذا در نظر گرفته شد. غذای رت ها به صورت پلت های سفت و حاوی یک جیره کامل برای رت ها تهیه شده بود (تهیه شده از شرکت بهپرور کرج). نمونه‌ها در محیطی با دمای ۲۲ درجه سانتی گراد، رطوبت ۴۵ تا ۶۰ درصد و تحت چرخه روشنایی – تاریکی (۱۲ ساعت نور،۱۲ ساعت تاریکی، ۷ شب تا ۷ صبح) قرار داشتند. برای عصاره گیری از چغندر، از روش خیساندن چغندر در مخلوط آب- اتانل به نسبت ۱ به ۳ به مدت ۴۸ ساعت استفاده شد. پس از این مدت، عصاره را صاف کرده و به اندازه نصف حجم کل به آن آب اضافه شد. سپس در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد عمل حذف حلال صورت گرفت. پس از حذف حلال، باقیمانده عصاره در پلت های شیشه‌ای ریخته و در نور با دمای ۴۰ درجه سانتیگراد خشک گردید. عصاره خشک شده پس از پودر شدن تا هنگام استفاده در یخچال نگهداری شد. طبق نتایج بدست آمده، حداکثر دوز قابل تحمل عصاره چغندر در رت برابر mg/kg/ bw ۸ می‌باشد (کلیفورد و همکاران ۲۰۱۵). عصاره به صورت خوراکی با سرنگ گاواژ، روزی یک بار و رأس ساعت ۸/۳۰ صبح به مدت ۸ هفته، در گروه‌های مکمل و تمرین مقاومتی + مکمل، به آنها خورانیده شد. در گروه تمرین مقاومتی و دارونما برای ایجاد یکسان سازی استرس گاواژ، از سرم فیزیولوژیک استفاده شد. تمرین مقاومتی در این پژوهش شامل یک نوبت فعالیت با ۱۰ تکرار و فواصل استراحت ۹۰ ثانیه‌ای بود. پروتکل مقاومتی به شکل صعود از نردبان خاص فعالیت ورزشی مقاومتی جوندگان به ارتفاع ۱ متر و شیب ۸۵ درجه بود که وزنه مناسبی به قاعده دم متصل می‌شد. این پروتکل با توجه به مطالعات و توانایی رت‌ها و نیز خطوط راهنمای مربوط درباره ٔ اصول تمرین مقاومتی طراحی و تعدیل گردید. رت های گروه تمرین مقاومتی و گروه تمرین مقاومتی+مکمل به منظور آشنایی قبل از شروع پروتکل اصلی، در هفته اول، ۴ جلسه در هفته و هرجلسه ۵ دقیقه تمرین داشتند. در انتهای هفته اول حداکثر ظرفیت حمل وزنه رت ها سنجیده و پروتکل فعالیت ورزشی تنظیم شد. این رت ها در هفته دوم، پس از تطابق و آشنایی با محیط جدید، فعالیت با وزنه را آغازکردند. نمونه‌ها با شدت فعالیت ۷۰ تا ۷۵ درصد حداکثر ظرفیت حمل وزن خود، چهارجلسه در هفته به فعالیت ورزشی پرداختند. در انتهای هر هفته (جلسه چهارم هفته) هفت تکرار با وزنه تعیین شده

قبلی انجام می‌شد و در ۳ تکرار بعدی با اضافه کردن وزنه‌های ۳۰ گرمی حداکثر ظرفیت حمل وزنه رت ها مجدداً مورد سنجش قرار می‌گرفت و هفته بعد با ۷۰ تا ۷۵ درصد حداکثر ظرفیت حمل وزنه جدید به تمرین مقاومتی می‌پرداختند [۱۹, ۲۰] (جدول ۱).

جدول ۱. پروتکل تمرین

هفته	اختصاصات ۴ دوره/ ۱۰ تکرار/ ۹۰ ثانیه استراحت / شیب ۸۵
هفته اول	آشنایی با پروتکل تمرینی / بدون وزنه
هفته دوم	۷۰ تا ۷۵ درصد: ۳۰ گرم اضافه شده در جلسه آخر در هفته دوم
هفته سوم	۷۰ تا ۷۵ درصد: ۳۰ گرم اضافه شده در جلسه آخر در هفته سوم
هفته چهارم	۷۰ تا ۷۵ درصد: ۳۰ گرم اضافه شده در جلسه آخر در هفته چهارم
هفته پنجم و ششم	۷۰ تا ۷۵ درصد: ۳۰ گرم اضافه شده در جلسه آخر در هفته پنجم و شش
هفته هفتم و هشتم	۷۰ تا ۷۵ درصد: ۳۰ گرم اضافه شده در جلسه آخر در هفته هفتم و هشتم آخرین جلسه تمرین هر ۳ گروه: تا حد وامانده سازی

در انتهای دوره میزان پروتئین واکنشگر C و پروتئین کربونیل و لیپید هیدروپراکسید سرم خون رت ها اندازه گیری و تفسیر شد.

روش اجرا

بلافاصله پس از آخرین جلسه تمرین، رتها با استفاده از تزریق داخل صفاقی ترکیبی از کتامین (۵ میلی گرم به ازای هر ۱۰۰ گرم) و زایلازین (۱ میلی گرم به ازای هر ۱۰۰ گرم) به طور عمیق بی هوش شدند. حدود ۵ میلی لیترخون مستقیماً از قلب نمونهها با استفاده از سرنگ آغشته به ماده ضد انعقاد خون (EDTA) اخذ شد. سپس نمونه‌های جمع آوری شده به سرعت سانتریفیوژ (۳۰۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه) و سرم برای آزمایش آماده شد. برای اجرای سنجش، دقیقاً مطابق روش انجام آزمایش که در بروشور کیت موجود بود، عمل شد. اندازه گیری پروتئین واکنشگر C توسط کیت HS-CRP-KIT-neflometry ساخت انگلستان صورت گرفت. امقدار پروتئین کربونیل در نمونهها با استفاده از روش رنگ سنجی آنزیمی شیمیایی به کمک کیت شرکت آمریکایی کایمن (Cayman, MI,USA) اندازه گیری شد. ضریب تغییرات و حساسیت و روش اندازه گیری به ترتیب ۴/۶ درصد و ۰/۰۵ نانومیل در میلی لیتر بود. از کیت abcam ساخت امریکا برای اندازه گیری و بررسی لیپید پراکسیداز استفاده شد.

روش‌های آماری

در بخش آمارتوصیفی، رسم جداول، نمودارها و تعیین میانگین و انحراف معیار صورت گرفت. با استفاده ازآزمون شاپیرووویلک طبیعی بودن دادهها و با آزمون لوین همگنی واریانس کنترل و بررسی شدند. سپس در بخش آمار استنباطی با استفاده ازآزمون تحلیل واریانس یکطرفه تغییرات بررسی و در صورت معناداری نتایج از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. نرم افزارآماری SPSS نسخه ۲۲ بود.

یافته‌ها

همه متغیرهای مورد مطالعه در بین گروهها از توزیع نرمال پیروی می کردند. با استفاده از آزمون‌های آمار توصیفی میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای پیوسته محاسبه شدند که در جدول ۲ مشاهده می شود.

جدول ۲. مقایسه سطوح شاخص‌های پژوهش (میانگین ± انحراف استاندارد) و یافته‌های تحلیل واریانس

متغیر	میانگین ± انحراف استاندارد	F	Sig
پروتئین واکنشگر C (ml/l)		۵۲/۷۷	۰/۰۵*
تمرین مقاومتی+ مکمل آب چغندر	۰/۷۸±۰/۱۲		
تمرین مقاومتی	۱/۳۸±۰/۱۹		
دارونما	۱/۴۱±۰/۱۶		
مکمل آب چغندر	۰/۶۷±۰/۱۹		
پروتئین کربونیل (nm/ml)		۵۳/۳۴	۰/۰۰۱*
تمرین مقاومتی+ مکمل آب چغندر	۲۳/۶۴±۱/۰۴		
تمرین مقاومتی	۳۱/۰۲±۰/۶۸		
دارونما	۲۷/۰۴±۱/۰۱		
مکمل آب چغندر	۱۹/۱۱±۱/۳۲		
هیدروپراکسید لیپید (nm/ml)		۱۵۶/۹	۰/۰۰۴*
تمرین مقاومتی+ مکمل آب چغندر	۱/۰۳±۰/۱۰		
تمرین مقاومتی	۱/۳۸±۰/۱۹		
دارونما	۱/۲۳±۰/۰۷		
مکمل آب چغندر	۰/۸۷±۰/۲۳		

*P ≤ ۰/۰۵

آزمون تحلیل واریانس یک طرفه نشان داد تغییرات پروتئین واکنشگر C معنادار بوده است (P =۰/۰۵). همچنین نتایج حاصل از تحلیل واریانس‌ها بین گروه‌ها در مورد پروتئین کربونیل (P =۰/۰۰۱) و هیدروپراکسیدلیپید (P =۰/۰۰۴) هم معنادار بوده است.

با استفاده از آزمون بونفرونی نتایج بررسی شدند ($P \leq ۰/۰۵$). آزمون بونفرونی برای مقادیر پروتئین واکنشگر C در گروه مکمل آب چغندر ($P =۰/۰۵$) و گروه تمرین مقاومتی+ مکمل آب چغندر ($P =۰/۰۰۳$) نسبت به گروه تمرین مقاومتی و دارونما تغییر معنادار را تائید کرد. آزمون بونفرونی برای مقادیر پروتئین کربونیل فقط در گروه تمرین مقاومتی + مکمل آب چغندر ($P =۰/۰۰۱$)، نسبت به سه گروه تمرین مقاومتی، دارونما و مکمل آب چغندر کاهش معنادار را تائید کرد. آزمون بونفرونی برای مقادیر هیدروپراکسید لیپید نیز فقط در گروه تمرین مقاومتی+ مکمل آب چغندر ($P =۰/۰۰۰$) و گروه مکمل آب چغندر ($P =۰/۰۰۸$)، نسبت به دو گروه تمرین مقاومتی و دارونما کاهش معنادار را تائید کرد.

بحث

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد مقادیر پروتئین واکنشگر C در گروه مکمل و گروه تمرین مقاومتی + مکمل نسبت به گروه تمرین مقاومتی و دارونما دارای تغییر معنادار بوده است. یک مکانیسم احتمالی این است که تمرین منظم (در این پژوهش ۸ هفته) موجب کاهش تحریک سمپاتیکی و تولید تومور نکروز فاکتورآلفا از بافت چربی شده است و مصرف مکمل و آنتوسیانین موجود در آب چغندر، اثرات تقویتی سیستم ایمنی و آنتی اکسیدانی داشته است. بنابراین محرک اولیه تولید سایتوکاین التهابی، اینترلوکین ۶ و بدنبال این دو، تولید پروتئین واکنشگر C کاهش یافته است [۲۱]. اما در گروه تمرین مقاومتی به واسطه التهاب و آسیب بافتی ناشی از تمرین و فعال شدن تولید پروتئین‌های فاز حاد، این شاخص افزایش نشان داده است [۲۲]. کاهش پاسخ التهابی با مکمل یاری عصاره چغندر در مدل‌های حیوانی نیز بررسی شده است. آسیب سلول ممکن است موجب آغاز پاسخ التهابی، ترشح سایتوکاین ها، فعالیت آبشارسیگنالینگ التهابی و فاکتور هسته‌ای کاپا B شود و در تغییرات پروتئین واکنشگر C نقش داشته باشد که در گروه تمرین مقاومتی احتمالاً این روند اتفاق افتاده است. در همین راستا کلیفورد و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی اثرات آب چغندر بر دوره بازیافت آزمون تکراری دوی سرعت نتایج مشابهی را نشان داده‌اند [۸]. احتمالاً تمرین قدرتی و استرس فعالیت جسمانی تا حدودی توانسته است این سیکل را فعال نماید و تمرینات مقاومتی به طور انتخابی بر شاخص‌های التهابی سیستمیک پروتئین واکنشگر C تأثیر گذاشته‌اند [۲۱]. در پژوهش ساردلی و همکاران (۲۰۱۸) اثر تمرین مقاومتی بر روی نشانگرهای التهابی سالمندان بررسی شد. یافته‌های تحقیق نشان داد تمرینات مقاومتی موجب کاهش معنی دار پروتئین واکنشگر C شده است [۲۳]. استوارت آل کی و همکاران (۲۰۰۷) نیز به بررسی تأثیر تمرین بر سایتوکاین های التهابی و پروتئین واکنشگر C پرداختند. مقایسه گروه‌های مورد آزمایش نشان داد، پروتئین واکنشگر C سرم با تمرین کاهش یافته است ولی بین دو گروه تمرینی تفاوتی وجود نداشته است [۲۴]. در همین راستا آل گامال و همکاران (۲۰۱۴)، کوجاوسکا و همکاران (۲۰۰۹) و لوایکس و همکاران (۲۰۰۹) در طرح‌های خود اثر حفاظتی چغندر را بر استرس اکسیداتیو در رت های ویستار بررسی کردند. نتایج نهایی، کاهش فاکتورهای استرس اکسیداتیو و افزایش فعالیت آنتی اکسیدان های آنزیمی را به همراه داشته است [۱۴, ۲۵, ۲۶]. تناقض نتایج می‌تواند در ارتباط با نوع، شدت و مدت زمان انجام تمرین، نمونه تحقیق، نوع مکمل، زمان نمونه‌گیری یا روش تمرین و واکنش متفاوت نسبت به فعالیت جسمانی باشد.

انجام تمرین مقاومتی و مصرف مکمل آب چغندر، باعث کاهش معنادار پروتئین کربونیل نیز شد. فعالیت بدنی می‌تواند باعث افزایش تولید گونه‌های فعال و رادیکال‌های آزاد شده و منجر به بروز استرس اکسیداتیو و بر هم خوردن توازن بین گونه‌های فعال و سیستم آنتی اکسیدانی شود. اما بتاکاروتن، کاراتنوئیدها، فلاوونوئیدهای آنتی اکسیدانی و ویتامین‌های E و C موجود در آب چغندر ممکن است سبب پاک شدن و زدودن رادیکال‌های آزاد شده و با عملکرد ضداکسایشی باعث کاهش سطوح پروتئین کربونیل پلاسما شده باشند [۲۷, ۲۸]. همچنین می توان گفت چون پروتکل تمرین قدرتی در این پژوهش از نوع اکسنتریک (برونگرا) نبوده است، لذا تخریب سلولی، تحریک سیستم ایمنی و نفوذ ماکروفاژها، کم و تا حدودی مانع از افزایش این شاخص شده است. کرسکوا و همکاران (۲۰۱۲) نیزکاهش پروتئین کربونیل را نشان داده‌اند البته پروتکل تمرینی آنها یک دوره تمرین هوازی ۱۰ هفته‌ای بوده است [۲۹]. نریمانپور و همکاران (۱۳۹۴) تأثیر مکمل یاری کوتاه مدت سیر بر شاخص پلاسمایی پروتئین کربونیل را پس از فعالیت ورزشی وامانده ساز در مردان غیر ورزشکار بررسی کرده‌اند. نتایج تحقیق نشان داد مکمل یاری برای کاهش تخریب پروتئینی ناشی از فعالیت‌های ورزشی شدید مؤثر بوده است [۳۰]. احتمالاً فیتوکیمیکال ها، فلاوونوئیدها، آنتوسیانین ها و ترکیبات فنولی موجود در آب چغندر با خاصیت ضد التهابی و آنتی اکسیدانی برکاهش تخریب پروتئینی بافت‌ها مؤثر عمل کرده‌اند [۳۱]. اما نتایج پژوهش حاضر با پژوهش وکیلی و همکاران (۱۳۹۱) که عدم تغییر پروتئین کربونیل را نشان دادند ناهمسو بود [۳۲]. آن‌ها از نمونه‌های انسانی که غیرورزشکاران فعال و غیرفعال بودند استفاده کرده‌اند. عمیدی و همکاران (۱۳۹۱) نیز تأثیر فعالیت ورزشی شدید بی هوازی را بر میزان پروتئین کربونیل پلاسمای خون زنان فعال مطالعه کرده‌اند [۳۳]. رواسی و همکاران (۱۳۹۲) تأثیر تمرین مقاومتی بر استرس اکسایشی رت‌های دیابتی را مورد مطالعه قرار دادند و نتایج آنها نشان داد رت های گروه تمرین مقاومتی در مقایسه با گروه کنترل کاهش معناداری در مالون دی آلدئید و پروتئین کربونیل عضله قلب داشتند [۳۴]. البته از مواد مکمل استفاده نکرده بودند. گایینی و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای به تأثیر تمرین مقاومتی فزاینده بر تودهٔ عضله و شاخص‌های ضداکسایشی در بافت عضلهٔ رت ها پرداخته‌اند. تفاوت بین گروه‌ها به لحاظ آماری معنادار نبود اما میزان پروتئین کربونیل عضله در گروه تمرین مقاومتی کمتر از گروه کنترل بود [۳۵]. تفاوت نتایج با پژوهش‌های دیگر با نوع و شدت تمرینات، بافت مورد بررسی (خون، سرم، بافت عضلانی)، نمونه آزمایش و مکمل مصرفی می‌تواند مرتبط باشد [۳۶].

یافته دیگر پژوهش این بود که انجام در گروه تمرین مقاومتی + مکمل و گروه مکمل آب چغندر، کاهش معنادار هیدروپراکسید لیپید مشاهده شد. سازوکار احتمالی، تقویت سیستم ایمنی از طریق سازگاری با تمرین و کاهش پراکسیداسیون لیپیدی به شکل غیرمستقیم با مکمل آب چغندر می‌باشد [۳۷]. مکانیسم دیگر ممکن است ناشی از این مورد باشدکه نیترات موجود در آب چغندر تبدیل به نیتریک اکسید شده و افزایش جریان خون، تقویت عملکرد ریه و انقباضات عضلانی را به دنبال داشته است [۳۸]. در نتیجه به عضلات فعال اکسیژن بیشتری رسیده

و میزان آسیب‌های اکسایشی کمتر بوده است [۳۹, ۴۰]. همچنین تمرینات قدرتی و با وزنه موجب افزایش اسید اوریک و متعاقباً افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی سیستم ایمنی می‌شود که می‌تواند از علل احتمالی کاهش هیدروپراکسیدلیپید باشد [۳۶]. از دیگر عوامل معناداری نتایج، پروتکل تمرینی می‌تواند باشد. در همین راستا تمرین شنا در شرایط تمرینی با و بدون وزنه تغییری را در سطوح هیدروپراکسیدلیپید سرمی ایجاد نکرده است اما موجب افزایش هیدروپراکسید لیپیدی میوکارد رت های نر ویستار شده است [۳۶].

نتایج پژوهش‌های خانزاده و همکاران (۱۳۹۷) ویدال و همکاران (۲۰۱۴) نیز موافق با یافته‌های پژوهش حاضر است [۴۱, ۴۲]. خانزاده در بررسی هشت هفته تمرین هوازی بر مقادیر پلاسمایی لیپیدهیدروپراکسید در موش‌های نر دیابتی شده، ازجلبک کلرلا استفاده کرده بودند. پروتکل تمرینی و مکمل باعث کاهش لیپید هیدروپراکسید در رت ها شده بود. برنامه تمرینی، مکمل مصرفی و عامل دیابت هم از عوامل مؤثر در تغییر شاخص‌های او بودند. مکلین و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی بر روی ۸ مرد سالم که یک ساعت تمرین هوازی متوسط انجام دادند به این نتیجه رسیدند که فعالیت جسمانی متوسط تاثیری بر هیدروپراکسیدلیپید ندارد اما باعث افزایش آنتی اکسیدان های سیستمیک، شده‌اند [۴۳]. آنزیم پاراکسوناز نیز ممکن است در تغییر مقادیر شاخص‌های فشار اکسایشی مؤثر عمل کرده و از طریق تعامل با لیپوپروتئین‌ها مانع اکسایش چربی موجود در بافت‌ها شده باشد [۳۶].

در مطالعه کلیفورد و همکاران (۲۰۱۶) سطح هیدروپراکسید لیپید افزایش داشت. البته آنها از نمونه‌های انسانی و از پروتکل تمرینات دوی سرعت استفاده کرده بودند و مکمل نداشتند [۸]. نتایج داویسون و همکاران (۲۰۰۶) و طاهری چادرنشین (۱۳۹۱) هم در تضاد با یافته‌های پژوهش است [۳۶, ۴۴]. طاهری چادرنشین از بافت میوکارد استفاده کرده است و احتمالاً تناقض در نتایج ناشی از تفاوت سطوح هیدروپراکسید لیپیدی در بافت‌های مختلف (میوکارد) نسبت به سرم یا وضعیت استراحت و متعاقب تمرین ورزشی می‌باشد. لذا استفاده از نمونه‌های خون بافت قلب می‌تواند اثرات افزایشی را نشان داده باشد [۳۶]. همچنین تمرینات هوازی موجب افزایش بیشتر رادیکال‌های آزاد و هیدروپراکسید لیپید شده است. بنابراین چون تمرین مورد استفاده در این تحقیق از نوع قدرتی بوده، این سازوکار فعال نشده است [۴۲].

نتیجه گیری

نتایج پژوهش نشان داد انجام تمرین مقاومتی موجب تغییراتی در ساختار عضله به منظور سازگاری سلولی، بافت عضلانی و سیستم ایمنی شده است. در شرایط تمرین آسیب‌های اکسایشی و بیولوژیکی در سلول و غشاء ایجاد می‌شود که خوشایند نیست. استفاده از آب چغندر به عنوان مکمل می‌تواند ضمن ایجاد سازگاری عضلانی، دستگاه ایمنی و هورمونی با پروتکل تمرین، مانع افزایش شاخص‌های آسیب سلولی شود. به واسطه فلاوونوئید ها و ویتامین‌های موجود در آب چغندر، تعدیل و تقویت سیستم ایمنی از طریق تولید بیشتر آنزیم‌های آنتی اکسیدانی هم صورت گرفته است. بنابراین کاهش شاخص‌های پروتئین واکنش گر C، لیپید هیدروپراکسید و پروتئین کربونیل مشاهده می شود. همچنین آب چغندر به عنوان یک مکمل توانسته اثرات اکسایشی تمرین را از طریق کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و کربونیله شدن پروتئین‌ها اعمال کند. البته اثرات ضد التهابی آن هنوز نامشخص است. لذا سازگاری تمرینی و وجود فلاوونوئید ها و آنتوسیانین در آب چغندر به عنوان یک مکمل طبیعی و آنتی اکسیدانی موجب تقویت سیستم ایمنی شده است. بنابراین پیشنهاد می‌شود هنگام فعالیت‌های ورزشی بخصوص پروتکل‌های مقاومتی برای کاهش آسیب‌های ناشی از انقباضات بهتر است از مکمل استفاده شود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله مراتب قدردانی خود را از کلیه عواملی که در اجرای این تحقیق همکاری صمیمانه داشتند، ابراز می‌کنیم. کداخلاق به شماره IR .IAU.VARAMIN.REC.۱۳۹۷,۰۱۰ توسط دانشکده علوم پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین پیشوا اخذ شده است. در رابطه با کلیه منابع مالی و منافع احتمالی تضادی بین نویسندگان وجود ندارد.

References

1. Asgary S, Afshani MR, Rafieia Kopaei M, Keshvari M. Clinical effects of consumption of raw beet juice and beet cooked on improving blood pressure, FMD and inflammatory cytokines TNF-α level of blood pressure on hypertensive patients volunteer. J Shahrekord Univ Med Sci. 2017;19(2):148-57.
2. Baxter C, Mc Naughton LR, Sparks A, Norton L, Bentley D. Impact of stretching on the performance and injury risk of long-distance runners. Res Sports Med. 2017;25(1):78-90. **doi:** 10.1080/15438627.2016.1258640 **pmid:** 27912252
3. Gaiini A, Rajabi H. Physical Fitness: SAMT Publication; 1398.
4. Zhang Y, Keegan GL, Stranik O, Brennan-Fournet ME, McDonagh C. Highly sensitive C-reactive protein (CRP) assay using metal-enhanced fluorescence (MEF). J Nanoparticle Res. 2015;17(7):326. **doi:** 10.1007/s11051-015-3128-9
5. Forti LN, Van Roie E, Njemini R, Coudyzer W, Beyer I, Delecluse C, et al. Effects of resistance training at different loads on inflammatory markers in young adults. Eur J Appl Physiol. 2017;117(3):511-9. **doi:** 10.1007/s00421-017-3548-6 **pmid:** 28168555
6. Khanzadeh N, Poozesh Jadidi R, Nour Azar MA. The Effect of Eight Weeks of Aerobic Exercise on Plasma Levels of Paraoxonase-1 and Lipid Hydro peroxide in Diabetic Male Rats Treated with Chlorella Algae. Univ Med Sci. 2018;17(2):131-42.
7. Taher abadi S, Nakhaii M. Oxidative damage markers for proteins and lipids in patients with cataract aging. J Islam Repub Iran Med Council. 1391;30(2):136-43.
8. Clifford T, Berntzen B, Davison GW, West DJ, Howatson G, Stevenson EJ. Effects of Beetroot Juice on Recovery of Muscle Function and Performance between Bouts of Repeated Sprint Exercise. Nutrients. 2016;8(8). **doi:** 10.3390/nu8080506 **pmid:** 27548212
9. Khaledan A, Mirdar SH, Sedaghati-Zadeh SH, GorjiKesvati M. The Effect of selected NaHCO3 supplementation on acid -bace status and performance time of wrestlers during heavy intermittent work. J Sport Sci Res Center. 2008;20:39-50.
10. Pinna M, Roberto S, Milia R, Marongiu E, Olla S, Loi A, et al. Effect of beetroot juice supplementation on aerobic response during swimming. Nutrients. 2014;6(2):605-15. **doi:** 10.3390/nu6020605 **pmid:** 24481133
11. Leal D. How Does Beet Juice Improve Athletic Performance? 2019. Available from: www.aiu.edu.Updated.
12. Wink DA, Hines HB, Cheng RY, Switzer CH, Flores-Santana W, Vitek MP, et al. Nitric oxide and redox mechanisms in the

immune response. J Leukoc Biol. 2011;89(6):873-91. **doi:** 10.1189/jlb.1010550 **pmid:** 21233414
13. Tan D, Wang Y, Bai B, Yang X, Han J. Betanin attenuates oxidative stress and inflammatory reaction in kidney of paraquat-treated rat. Food Chem Toxicol. 2015;78:141-6. **doi:** 10.1016/j.fct.2015.01.018 **pmid:** 25662031
14. El Gamal AA, AlSaid MS, Raish M, Al-Sohaibani M, Al-Massarani SM, Ahmad A, et al. Beetroot (Beta vulgaris L.) extract ameliorates gentamicin-induced nephrotoxicity associated oxidative stress, inflammation, and apoptosis in rodent model. Mediators Inflamm. 2014;2014:983952. **doi:** 10.1155/2014/983952 **pmid:** 25400335
15. Bell PG, Walshe IH, Davison GW, Stevenson E, Howatson G. Montmorency cherries reduce the oxidative stress and inflammatory responses to repeated days high-intensity stochastic cycling. Nutrients. 2014;6(2):829-43. **doi:** 10.3390/nu6020829 **pmid:** 24566440
16. Nakhostin Roohi B. Activity-induced oxidative stress - Is it necessary to consume antioxidants? J Appl Sport Physiol. 1395;12(24):129-40.
17. Shafiie A, Nikbakht M, editors. The effect of combined (aerobic-resistive) exercises on serum C-reactive protein levels in adolescent girls overweight and obese, First National Conference on Achievements in Sport Sciences and Health of Abadan University of Medical Sciences1396.
18. Tofigi A, Zolfagari M. Effect of short-term aerobic exercise and supplementation of vitamin C + E on CRP, 6IL- and oxidative stress index in inactive obese women. Urmia Med J. 1389;21(3):228-36.
19. Gharakhanlu R, Baghersad L, Molanuri M, Mahdavi M. Effect of resistance training on mRNA expression and protein content of slow and fast muscle tension in diabetic rats. Iran J Endocrinol Metabol. 1390;14(2):185-92.
20. Gharakhanlu R, Hedayati M, Talebi Garakani E. The effect of 6 weeks resistance training on the concentration of Vaspin, CRP, IL-6 and TNF-α in the serum of diabetic rats. Iran J Endocrinol Metabol. 1391;14(1):68-74.
21. Shadkam T, Nazarali P, Bigeh N. Influence of aerobic exercises with turmeric supplementation on cardiac index of inflammatory-vascular and inactive body composition in women. Sport Sci J. 1395;8(2):193-206.
22. Alizadeh H, Daryanush F. Investigation of changes in inflammatory and muscular injury indices in male SIRI mice After eight weeks of aerobic training and supplementation of omega-3. Sport Sci J. 1395;10(2):77-94.
23. Sardeli AV, Tomeleri CM, Cyrino ES, Fernhall B, Cavaglieri CR, Chacon-Mikahil MPT. Effect of resistance training on inflammatory markers of older adults: A meta-analysis. Exp Gerontol. 2018;111:188-96. **doi:** 10.1016/j.exger.2018.07.021 **pmid:** 30071283
24. Stewart LK, Flynn MG, Campbell WW, Craig BA, Robinson JP, Timmerman KL, et al. The influence of exercise training on inflammatory cytokines and C-reactive protein. Med Sci Sports Exerc. 2007;39(10):1714-9. **doi:** 10.1249/mss.0b013e31811ece1c **pmid:** 17909397
25. Kujawska M, Ignatowicz E, Murias M, Ewertowska M, Mikolajczyk K, Jodynis-Liebert J. Protective effect of red beetroot against carbon tetrachloride- and N-nitrosodiethylamine-induced oxidative stress in rats. J Agric Food Chem. 2009;57(6):2570-5. **doi:** 10.1021/jf803315d **pmid:** 19292473
26. Lu X, Wang Y, Zhang Z. Radioprotective activity of betalains from red beets in mice exposed to gamma irradiation. Eur J Pharmacol. 2009;615(1-3):223-7. **doi:** 10.1016/j.ejphar.2009.04.064 **pmid:** 19446548
27. Das S, Williams DS, Das A, Kukreja RC. Beet root juice promotes apoptosis in oncogenic MDA-MB-231 cells while protecting cardio-myocytes under doxorubicin treatment. J Exp Second Sci. 2013;2:1-6.
28. Bondonno CP, Downey LA, Croft KD, Scholey A, Stough C, Yang X, et al. The acute effect of flavonoid-rich apples and nitrate-rich spinach on cognitive performance and mood in healthy men and women. Food Funct. 2014;5(5):849-58. **doi:** 10.1039/c3fo60590f **pmid:** 24676365
29. Krskova K, Eckertova M, Kukan M, Kuba D, Kebis A, Olszanecki R, et al. Aerobic training lasting for 10 weeks elevates the adipose tissue FABP4, Gialpha, and adiponectin expression associated by a reduced protein oxidation. Endocr Regul. 2012;46(3):137-46. **doi:** 10.4149/endo_2012_03_137 **pmid:** 22808905
30. Narima N, Pour S, Shamsaii N, editors. Effect of Short-Term Garlic Supplementation on Carbonyl Plasma after Exhaustion Exercise,National Conference on Applied Science of Sport and Health1394; Tabriz: Shahid Madani University of Azerbaijan
31. Mohammadi Karizno F, Saghebjoo M, Foadoddini M, Sarir H. The role of aerobic training and Pistacia atlantica extract on the levels of protein carbonyl, heat shock protein 70, and glycogen in the liver tissue of diabetic rats. J Birjand Univ Med Sci. 2014;21(1):35-47.
32. Vakili J, Gaiini A, Kordi M, Hedayati M. Nightly rhythm of malondialdehyde rhythm and carbonyl and superoxide dismutase proteins on malondialdehyde and carbon monoxide and superoxide dismutase in active non-athlete men in non-athletic men. Sport J Sport Sci. 1391;13:5-20.
33. Amidi F. The effect of one session of intense physical activity on plasma carbonyl protein levels in active women: Master of Science in Exercise Physiology, Al-Zahra University; 1391.
34. Ravasi AA, Gaiini AS, Samadi A. The effect of eight weeks of resistance training on oxidative stress in diabetic Wistar rats. J Sabzevar Univ Med Sci. 1392;20(3):388-99.
35. Gaiini AA, Ravasi AA, Khalesi M. The effect of increased resistance training on muscle mass and oxidative antioxidant indices in muscle tissue of diabetic rats. Exercise Life Sci. 1396;9(3):301-14.
36. Taheri chadorneshin H, Sehat M. The effect of two weeks of taking vitamin E on the response of cellular adhesion molecule to exhaustive activity. Sport J Sport Sci. 1391;10(4):25-41.
37. Zarei M, Farahnak Z, Hosseinzadeh Attar MJ. Lipid peroxidation and antioxidant enzymes activity in controlled and uncontrolled Type 2 diabetic patients. ARYA Atheroscleros. 2016;12(3):118-26.
38. Tabarestani M, Fathei M, Attarzadeh Hosseini R, Tabarestani M. Effects of one session exhaustive aerobic activity on changes of salivary immunoglobulin A and total protein in adolescent recreational athletes. J Sport Biomotor Sci. 2012-2013;8(2):70-8.
39. Wylie LJ, Bailey SJ, Kelly J, Blackwell JR, Vanhatalo A, Jones AM. Influence of beetroot juice supplementation on intermittent exercise performance. Eur J Appl Physiol. 2016;116(2):415-25. **doi:** 10.1007/s00421-015-3296-4 **pmid:** 26614506
40. Jones AM. Dietary nitrate supplementation and exercise performance. Sports Med. 2014;44 Suppl 1:S35-45. **doi:** 10.1007/s40279-014-0149-y **pmid:** 24791915
41. Khanzadeh N, Poozesh R, Nour Azar A. Investigating the Effect of Eight Weeks of Aerobic Exercise and Chlorella Algae Supplementation on Plasma Levels of Paraoxonase-1 and Lipid Hydro peroxide in Diabetic Male Rats. Complement Med J. 2018;1(26):2206-17.
42. Vidal PJ, Lopez-Nicolas JM, Gandia-Herrero F, Garcia-Carmona F. Inactivation of lipoxygenase and cyclooxygenase by natural betalains and semi-synthetic analogues. Food Chem. 2014;154:246-54. **doi:** 10.1016/j.foodchem.2014.01.014 **pmid:** 24518339
43. McClean CM, Clegg M, Shafat A, Murphy MH, Trinick T, Duly E, et al. The impact of acute moderate intensity exercise on arterial regional stiffness, lipid peroxidation, and antioxidant status in healthy males. Res Sports Med. 2011;19(1):1-13. **doi:** 10.1080/15438627.2011.534963 **pmid:** 21253972
44. Davison GW, Morgan RM, Hiscock N, Garcia JM, Grace F, Boisseau N, et al. Manipulation of systemic oxygen flux by acute exercise and normobaric hypoxia: implications for reactive oxygen species generation. Clin Sci (Lond). 2006;110(1):133-41. **doi:** 10.1042/CS20050135 **pmid:** 16197367