مجله علوم پزشکی رازی دوره ۲۸، شماره ۲، اردیبهشت ۱۴۰۰ http://rjms.iums.ac.ir

مقاله پژوهشی

تأثیر مکمل آب چغندر بر خستگی، عملکرد هوازی، بی‌هوازی و غلظت نیتریت پلاسما در بازیکنان فوتبال دانشگاهی

محمد همتی نفر: استادیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، بخش علوم ورزشی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران (* نویسنده مسئول) m.hemmatinafar@shirazu.ac.ir

زهرا مصلی‌نژاد: استادیار، بخش علوم ورزشی، موسسه آموزش عالی زند، شیراز، ایران (* نویسنده مسئول) mosalla_z@yahoo.com

محمدحسن عبدالهی: استادیار مدیریت ورزشی، بخش علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

حسین یزدانی: دانشجوی کارشناسی علوم ورزشی، بخش علوم ورزشی، موسسه آموزش عالی زند، شیراز، ایران

افروز صمصامی‌پور: دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، بخش علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

نگار کورش فرد: استادیار آسیب شناسی ورزشی، بخش علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

معصومه حنانی: دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی (گرایش قلب و عروق و تنفس)، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، پردیس بین‌المللی دانشگاه تهران، کیش، ایران

چکیده

زمینه و هدف: آب چغندر استقامت و عملکرد تمرینی با شدت بالا را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، پس از مصرف مکمل آب چغندر، عملکرد تمرین تناوبی در ورزشکاران تفریحی (غیرحرفه‌ای) نیز بهبود پیدا می‌کند. بنابراین، هدف از مطالعه حاضر بررسی عملکرد تمرین تناوبی شدید بر خستگی، عملکرد هوازی، بی‌هوازی و غلظت نیتریت در بازیکنان فوتبال، قبل و بعد از شش روز مصرف مکمل آب چغندر بود.

روش کار: ۴۲ بازیکن فوتبال مرد در یک مطالعه تصادفی با طرح متقاطع شرکت کردند. عملکرد دویدن تناوبی شدید با استفاده از آزمون‌های Yo-Yo IR1 و وینگیت طی دو روز ارزیابی شد. تمام آزمودنی‌ها مکمل آب چغندر غنی از نیترات (۲ وعده ۷۰ میلی‌لیتری در روز) یا دارونما را به مدت ۶ روز مصرف کردند که یک دوره ۷ روزه پاک‌سازی بین آن‌ها بود. از آزمون t مستقل برای محاسبه اختلاف بین گروه‌های تحقیق استفاده شد.

یافته‌ها: در مقایسه با دارونما، ۶ روز مصرف مکمل آب چغندر توان میانگین و توان حداقل را به‌طور معناداری افزایش داد و همچنین شاخص خستگی را به‌طور معناداری کاهش داد ($p< ۰/۰۵$). عملکرد دویدن تناوبی شدید، VO_{2max}، مقادیر نیترات پلاسما نیز پس از مصرف آب چغندر در مقایسه با دارونما به‌طور معناداری افزایش یافتند ($p< ۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج پژوهش حاضر به نظر می‌رسد ۶ روز مصرف مکمل آب چغندر می‌تواند عملکرد هوازی و بی‌هوازی بازیکنان فوتبال تمرین کرده را بهتر می‌کند.

کلیدواژه‌ها

آب چغندر،
نیتریک اکسید،
عملکرد بی‌هوازی،
بازیکنان فوتبال

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۳
تاریخ چاپ: ۱۴۰۰/۰۲/۱۲

تعارض منافع: گزارش نشده است.

منبع حمایت کننده: حامی مالی نداشته است.

شیوه استناد به این مقاله:

Hemmatinafar M, Mosallanezhad Z, Abdollahei MH, Yazdani H, Samsami Pour A, Kooroshfard N, Hanani M. Beetroot juice supplementation improves fatigue, aerobic, anaerobic performance and nitrite concentration in college soccer players s. Razi J Med Sci. 2021;28(2):81-92.

*انتشار این مقاله به‌صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC-SA 3.0 صورت گرفته است.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-17]

Razi Journal of Medical Sciences. 2021;28(2):81-92. http://rjms.iums.ac.ir

Original Article

Beetroot juice supplementation improves fatigue, aerobic, anaerobic performance and nitrite concentration in college soccer players

Mohammad Hemmatinafar: Assistant Professor of Exercise Physiology, Department of Sport Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran (* Corresponding author) m.hemmatinafar@shirazu.ac.ir
Zahra Mosallanezhad: Assistant Professor of Exercise Physiology, Department of Sport Sciences, Zand Institute of Higher Education, Shiraz, Iran (* Corresponding author) mosalla_z@yahoo.com
Mohammad Hassan Abdollahei: Assistant Professor of Sport Management, Department of Sport Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran
Hossein Yazdani: Bachelor Student of Sport Sciences, Department of Sport Sciences, Zand Institute of Higher Education, Shiraz, Iran
Afrooz Samsami Pour: Master Student of Exercise Physiology, Department of Sport Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran
Negar Kooroshfard: Assistant Professor of sport injuries and corrective exercises, Department of Sport Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran
Masoumeh Hanani: PhD Student in Exercise Physiology (Cardiovascular and respiratory), Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kish International Campus, University of Tehran, Kish, Iran

Abstract

Background and Aims: Beetroot juice has been shown to increase endurance and high-intensity training performance. In addition, after consuming beetroot juice supplementation, the performance of periodic exercise in recreational (non-professional) athletes also improves. Therefore, we assessed the impact of a period of BR consumption on the performance of amateur trained soccer players following high-intensity intermittent exercise. The popularity of exercise nutrition is growing exponentially among athletes to boost their athletic performance. As a result, upon the improvement of contraction / relaxation, the generation of power and strength enhances the short-term intermittent running. Nitric oxide (NO) is a signaling molecule that is capable of improving vascular function, mitochondrial respiration, glucose homeostasis, and skeletal muscle contractions. However, the consumption of nitrate-rich vegetables (NO_3-), such as lettuce, spinach, and beetroot (BR) have been identified as an alternative source and precursor of NO. The consumption of NO_3- and increase of NO production decrease oxidative stress in skeletal muscle, handle calcium, and increase contractile force and production capacity in type II muscle fibers, increase time to fatigue, and improve the exercise performance. BR is rich in foods such as sugar, phenolic compounds, and ascorbic acid. BR is a rich source of NO3- commonly consumed because it possesses high contents of betacyanin and polyphenol and it produces more NO molecules than NO salts. The ergogenic effects of NO_3-rich sources were first reported in metabolic adaptations following endurance training. Athletes in team or individual sports aim to increase performance in high-intensity interval training. High-intensity exercise results in a transition from low- to high-intensity and changes in metabolic conditions. In recent years, nitrate supplementation has been shown to have a significant effect on anaerobic exercise and high-intensity interval exercise. The effect of nitrate-rich BR juice support the improvement of the performance of high-intensity intermittent exercise in team sports; however, the length of the intake period and the time interval of nitrate-rich supplementation prior to the performance of the experiment are not completely clear. Based on these findings, we hypothesized that supplementation of BR in amateur trained soccer players could improve physiological and functional parameters. Therefore, we assessed the impact of a period of BR consumption on the performance of amateur trained soccer players following high-intensity intermittent exercise.
Methods: Forty-two male soccer players competing in the 2nd Iranian amateur league with the mean age of 20.50±0.58, weight of 67.14±2.35, body fat percent of 11.63±1.44, and body

Keywords
Beetroot Juice,
Nitric Oxide,
Anaerobic Performance,
Soccer Players

Received: 02/01/2021
Published: 02/05/2021

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-17]

mass index of 21.34±0.48 voluntarily participated in the study. First off, all participants were informed about the nature of experimental procedures, including potential risks and benefits and then, received written informed consent. The experimental protocols were approved by the Ethical Committee of Shiraz University, Iran, according to Helsinki DeclarationGuidelines. Participants were asked not to take any sport or medical supplements, or any ergogenic aids during the 4-week experiment period. The current study was randomized, placebo-controlled, cross-over, and double-blind that investigated the effect of BR supplementation on high-intensity intermittent exercise performance in soccer players. High- intensity intermittent running performance was assessed by the Yo-Yo IR1 test and Wingate test in two days. All subjects ingested beetroot juice nitrate- rich (2×70 ml/day; BR) or placebo (PLA) for six-days with seven-days of wash-out between trialsParticipants arrived at the facility 2.5 h after ingesting the last bolus of the supplement (8:30 A.M.). The heart rate was continuously monitored throughout the experiment (Polar Beat, Polar Electro, Kempele, Finland). The experimental protocols were carried out at the same time in every day. Subjects were asked to arrive to the laboratory 90 min before the experiment. They were also requested to be fully hydrated, and consume their least meal at least 3 h before the initiation of the exercise test. Besides, they had to avoid strenuous exercise 36 h before the experimental trials. Before the Yo-Yo test, warm-up was performed for each participant. The Yo-Yo test was carried out on running lanes with a width of 2 m and length of 20 m. The examination consisted of repeated 2 × 20 m runs that progressively increased the speed which was controlled by the audio bleeps from an audio system. Each 20 m running was interspersed by 5 m behind the finishing line marked the running distance that is 10-s active recovery period. Immediately after the termination of the Yo-Yo test, Subjective rating of perceived exertion was carried out in accordance with the Borg's scale ranging from 6–20. Wingate test used for determine of power output and fatigue index. The heart rate and VO2max were measured continuously throughout the Yo-Yo test, and nitrate/nitrite plasma levels were collected prior and post of the six- days nitrate supplementation. Data are expressed as the means and standard deviation (mean ± SD). All statistical analyses were carried out by the SPSS software (version 19.0; IBM Corp, Armonk, NY, USA). The Shapiro-Wilk test , Independent t-test and Pearson correlation coefficients were used. The level of statistical significance was set at $p< 0.05$.

Results: Compared to PLA, six- days BR supplementation increased mean power (483.91±23.60 vs. 468.77±23.39, $p<0.05$) and low power (373.31±22.03 vs. 340.41±22.40, $p<0.05$) and also reduced fatigue index (37.66±5.66 vs. 45.27±7.94; $p<0.05$). High-intensity intermittent running performance ($p= 0.034$), VO2max ($p= 0.043$), nitrate and nitrite plasma levels ($P<0.001$) were significantly improved in subjects in the BR compared with the PLA.

Conclusion: According to the results of the present study, it seems that 6 days of beet juice supplementation can improve the aerobic and anaerobic performance of trained football players.The main finding of this study is that a 6-day period of BR supplementation led to a marked improvement in the performance of high-intensity intermittent exercise in soccer players. Such an improvement includes a decrease in the heart rate during high-intensity intermittent running tests, as well as an increase in VO_2max. We investigated the impact of a 6-day period of BR supplementation on nitrate/nitrite concentrations and performance during the speed and Yo-Yo tests in soccer players. After 6 days BR supplementation, the plasma levels of nitrate/ nitrite, peak power, mean power, low power, and performance in the Yo-Yo test were significantly increased. Also, the heart rate and fatigue index were significantly decreased in the BR compared with the PLA.

Conflicts of interest: None
Funding: None

Cite this article as:

Hemmatinafar M, Mosallanezhad Z, Abdollahei MH, Yazdani H, Samsami Pour A, Kooroshfard N, Hanani M. Beetroot juice supplementation improves fatigue, aerobic, anaerobic performance and nitrite concentration in college soccer players s. Razi J Med Sci. 2021;28(2):81-92.

*This work is published under CC BY-NC-SA 3.0 licence.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-17]

مقدمه

محبوبیت تغذیه ورزشی در بین ورزشکاران برای افزایش عملکرد ورزشی آن‌ها به طور چشمگیری در حال افزایش است (۱). مکمل‌های نیترات و نیتریت برای تمرین‌های با شدت بالا مانند یک داروی نیروزا عمل می‌کنند و می‌توانند هزینه اکسیژن برای سنتز ATP و همچنین هزینه ATP برای انقباض عضلانی را کاهش دهند (۲و ۳). در نتیجه، پس از بهبود فرایند انقباض/آرمیدگی، با تولید نیرو و قدرت عملکرد دویدن تناوبی کوتاه مدت را تقویت می‌کنند (۴). نیتریک اکسید (Nitric oxide-NO) یک مولکول پیام‌رسان است که قادر به بهبود عملکرد عروقی، تنفس میتوکندریایی، هومئوستاز گلوکز و انقباض عضلات اسکلتی است (۵). سنتز NO به واسطه نیتریک اکسید سنتاز ریشه در دسترسی به ال‌آرژنین و اکسیژن دارد و در شرایط هیپوکسی محدود می‌شود (۶). با این حال، مصرف سبزیجات سرشار از نیترات (NO3-)، مانند کاهو، اسفناج و چغندر (Beetroot-BR) به عنوان یک منبع جایگزین و پیش‌ساز NO شناخته شده است (۷). NO_3 رژیم غذایی از روده کوچک جذب شده و از طریق جریان خون به بزاق برمی‌گردد و توسط ردوکتاز باکتریایی به NO_2 تبدیل می‌شود. NO2- در معده و روده به NO تبدیل می‌شود (۸). مولکول‌های باقی‌مانده NO_3- و NO_2 توسط روده جذب می‌شوند و انبار NO در جریان خون را افزایش می‌دهند (۹). مصرف NO_3- و افزایش تولید NO باعث کاهش استرس اکسیداتیو در عضلات اسکلتی، کنترل کلسیم و افزایش نیروی انقباضی و ظرفیت تولید در تارهای عضلانی نوع (II) (۱۰)، افزایش زمان رسیدن به خستگی (۱۱) و بهبود عملکرد ورزشی می‌شوند (۱۲).

چغندر سرشار از قند، ترکیبات فنولیک و اسید اسکوربیک است (۱۳). همچنین، چغندر سرشار از NO_3 است که معمولاً به دلیل داشتن مقدار زیاد بتاسیانین و پلی‌فنول مصرف می‌شود (۱۴). آثار نیروزائی منابع غنی از NO_3 اولین بار در سازگاری‌های متابولیک پس از تمرین استقامتی گزارش شدند (۱۵).

هدف ورزشکاران در ورزش‌های تیمی یا انفرادی افزایش عملکرد در تمرینات استقامتی شدید است. فعالیت ورزشی شدید به ایجاد تغییراتی در شرایط متابولیک منجر می‌شود. در سال‌های اخیر نشان داده شده است مکمل نیترات تأثیر معناداری بر عملکرد فعالیت ورزشی بی‌هوازی و فعالیت ورزشی تناوبی شدید دارد (۱۶و ۱۷). مطالعات گزارش کرده‌اند فواید آب چغندر در بهبود عملکرد ورزشی تنها در تارهای عضلانی نوع II مشاهده شده است (۱۰و ۱۸). فرگوسن و همکاران نشان دادند مکمل نیترات باعث افزایش جریان خون در فعالیت زیربیشینه در تارهای عضلانی تندانقباض در موش‌ها می‌شود (۱۸). علاوه بر این، مکمل نیترات با تحریک ترشح کلسیم به داخل سیتوپلاسم و کاهش تخریب فسفوکراتین باعث افزایش توان بی‌هوازی در عضلات تندانقباض می‌شود (۱۰). تارهای تندانقباض بیشترین تارهایی هستند که در زمان فعایت‌های ورزشی شدید فراخوان می‌شوند. فعالیت تارهای تندانقباض باعث افزایش pH سلول می‌شود و در نهایت NO_2 را به NO تبدیل می‌کند (۸). افزایش فعالیت بیولوژیکی NO ناشی از مکمل‌های نیترات به بهبود تولید نیرو و قدرت در تارهای عضلانی تندانقباض هنگام فعالیت‌های ورزشی سریع و تأخیر زمان رسیدن به خستگی کمک می‌کند (۱۹). تبدیل NO_2- به NO پس از هیپوکسی ناشی از فعالیت ورزشی شدید در میوسیت‌ها باعث بهبود عملکرد ورزشی می‌شود (۲۰). با توجه به اهمیت تارهای تندانقباض و تغییرات متابولیکی ناشی از تمرین تناوبی شدید و همین‌طور احتمال ایسکمی و هیپوکسی بالاتر در بافت‌ها در تمرینات تناوبی شدید در مقایسه با تمرینات با شدت پایین، دلیل آشکاری برای افزایش مصرف مکمل نیترات جهت افزایش عملکرد هنگام فعالیت ورزشی تناوبی شدید وجود دارد (۴).

فوتبال یک ورزش تیمی است که اغلب شامل دویدن با سرعت و با شدت زیاد است. فعالیت ورزشی شدید اغلب وابسته به تارهای عضلانی تندانقباض است (۲۱). مطالعات قبلی نشان داد مصرف نوشیدنی‌های چغندر غنی از نیترات باعث بهبود عملکرد فعالیت ورزشی در تمرینات تناوبی شدید شدند (۲۲). آزمون Yo-Yo یکی از ابزارهای

شبیه‌سازی شده ویژه فوتبال است که ما را قادر به ارزیابی معتبر و عملی عملکرد بدنی بازیکنان فوتبال می‌کند. در واقع، آزمون Yo-Yo جنبه‌های هوازی و

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-17]

بی‌هوازی فوتبال را ارزیابی می‌کند (۲۳). تأثیر آب چغندر غنی از نیترات به بهبود عملکرد در تمرینات تناوبی شدید در ورزش‌های تیمی کمک می‌کند (۴و ۲۲)؛ با این حال، طول دوره مصرف و فاصله زمانی مکمل‌های غنی از نیترات قبل از اجرای آزمون کاملاً مشخص نیست. ویلی و همکاران نشان دادند دریافت ۱۷۸۰ میلی‌گرم از ترکیبات سرشار از نیترات ۳۰ ساعت قبل از انجام آزمون دویدن تناوبی شدید می‌تواند باعث بهبود عملکرد ورزشکاران شود (۴). مطالعه دیگر نشان داد مصرف ۷۰ میلی‌لیتر آب چغندر سه ساعت قبل از آزمون وینگیت و پرش سارجنت، می‌تواند باعث افزایش توان هوازی و کاهش زمان رسیدن به حداکثر توان شود. نشان داده شده است مصرف مکمل نیترات به مدت ۵ روز با دوز پائین، عملکرد دویدن تناوبی شدید در ورزشکاران آماتور را تقویت می‌کند (۱۴). در این مطالعه و بر اساس این یافته‌ها فرض شد که مکمل آب چغندر در بازیکنان فوتبال آماتور می‌تواند پارامترهای فیزیولوژیکی و عملکردی را بهبود بخشد. بنابراین، هدف از مطالعه حاضر بررسی عملکرد تمرین تناوبی شدید بر خستگی، عملکرد هوازی، بی‌هوازی و غلظت نیتریت در بازیکنان فوتبال، قبل و بعد از شش روز مصرف مکمل آب چغندر بود.

روش کار

مطالعه حاضر به صورت تصادفی، کنترل شده با دارونما، طرح متقاطع و دوسوکور انجام شد که تأثیر مکمل آب چغندر بر عملکرد تمرین تناوبی شدید در بازیکنان فوتبال مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. ۴۲ بازیکن فوتبال مرد دانشگاهی به طور داوطلبانه در این مطالعه شرکت کردند. در مرحله اول، همه شرکت‌کنندگان از ماهیت مراحل آزمایشی از قبیل خطرات و مزایای احتمالی مطلع شدند و سپس رضایت‌نامه کتبی از آن ها دریافت شد. پروتکل‌های آزمایشی مطابق دستورالعمل‌های اعلامیه هلسینکی توسط کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی شیراز با کد اخلاق IR.SUMS.REHAB.REC.1399.007 تأیید شدند. از شرکت‌کنندگان خواسته شد هیچ مکمل ورزشی یا داروئی یا هرگونه کمک‌های ارگوژنیک در طی یک دوره آزمایش ۴ هفته‌ای مصرف نکنند.

تمام شرکت‌کنندگان در طی ۴ هفته و در چهار زمان جداگانه به آزمایشگاه مراجعه کردند. یک هفته قبل از شروع مداخله، شرکت‌کنندگان تحت ارزیابی اولیه شامل سنجش ویژگی‌های ترکیب بدنی قرار گرفتند و آن‌ها با مراحل اجرای پژوهش در آزمایشگاه دانشگاه شیراز آشنا شدند. VO_{2max} (میلی‌لیتر به ازای هرکیلوگرم از وزن بدن در دقیقه) هر آزمودنی به‌طور غیرمستقیم با مسافت تحت پوشش آزمون YO-YO تناوبی سطح یک (Yo-Yo IR1) و با استفاده از فرمول بانگسبو و همکاران (۳۶۴۰ + ۰/۰۰۸۴ × مسافت Yo-Yo (متر)) ارزیابی شد (۲۴).

در جلسه دوم، پس از گرسنگی شبانه، نمونه‌های خونی از ورید بازویی برای اندازه‌گیری مقادیر پایه گرفته شد. سپس، هر آزمودنی به مدت شش روز مکمل آب چغندر غنی از نیترات یا بدون نیترات (دارونما؛ PLA) را دریافت کرد.

جلسات سوم و چهارم، پس از اتمام دوره شش روزه مصرف مکمل آب چغندر (BR) و PLA بود، که آخرین مرحله مصرف مکمل آب چغندر یا PLA، ۳ ساعت قبل از اجرای آزمون وینگیت و آزمون Yo-Yo IR بود. یک دوره ۷ روزه پاک‌سازی بین دو مرحله مصرف مکمل و دارونما وجود داشت (۲۴). از همه شرکت کنندگان خواسته شد قبل از هر آزمون از مصرف غذاهای حاوی نیترات بالا، فعالیت ورزشی شدید و الکل به مدت ۳۶ ساعت خودداری کنند. مراحل آزمایشی در شرایط یکسان انجام شد و در طول آزمایش آزمودنی‌ها به صورت کلامی تشویق شدند.

پس از جلسه آشنایی و اندازه‌گیری‌های اولیه، به شرکت‌کنندگان آب چغندر غنی از NO^{3-} (نزدیک به ۶ میلی‌مول نیترات به ازای هر ۷۰ میلی‌لیتر؛ تهیه شده در مزارع لپویی زرقان، شیراز، ایران) و دارونما (آب چغندر بدون NO^{3-}) داده شد. شرکت‌کنندگان مکمل BR یا PLA را به مدت دو دوره ۶ روزه با یک دوره پاک‌سازی ۷ روزه بین دو دوره مصرف کردند. هر شرکت‌کننده در مجموع ۷۰ × ۲ میلی‌لیتر مکمل را صبح‌ها به مدت ۶ روز مصرف کرد (ساعت ۷ صبح). هر گروه در روز ششم، مرحله نهایی مکمل (۷۰ × ۲ میلی‌لیتر) را ۳ ساعت قبل از آزمون Yo-Yo مصرف کرد. از کلیه آزمودنی‌ها خواسته شد از مصرف ضدعفونی کننده/ خمیر دندان و

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-17]

آدامس در دوره مصرف مکمل خودداری کنند.

کارآزمایی‌های تجربی سه جلسه‌ای در هوای آزاد و در پیست دو و میدانی دانشگاه شیراز انجام شد. شرکت‌کنندگان دو و نیم ساعت پس از مصرف آخرین وعده مکمل (ساعت ۸:۳۰ صبح) به پیست دو و میدانی رسیدند. ضربان قلب به طور مداوم با استفاده از ضربان سنج پولار در طی تحقیق کنترل می‌شد. پروتکل‌های تمرینی هر روز و در یک زمان انجام می‌شدند. از افراد خواسته شد ۹۰ دقیقه قبل از تمرین در آزمایشگاه حضور داشته باشند. همچنین از آن‌ها خواسته شد که آب به اندازه کافی بنوشند و حداقل ۳ ساعت قبل از شروع تمرین، وعده غذایی اندکی را مصرف کنند. علاوه بر این، آن‌ها مجبور بودند ۳۶ ساعت قبل از آزمون، از انجام ورزش استقامتی اجتناب کنند. قبل از آزمون Yo-Yo، هر شرکت‌کننده خود را با تمرین گرم می‌کرد. آزمون Yo-Yo روی خطوط دویدن در عرض ۲ متر و طول ۲۰ متر انجام شد. این آزمون شامل دو دور (دویدن) تکراری ۲۰ × ۲ متری بود؛ سرعت به تدریج افزایش و از طریق یک سیستم صوتی کنترل می‌شد (۴و ۲۵). بلافاصله پس از خاتمه آزمون Yo-Yo، میزان درک تلاش مطابق با مقیاس بورگ ۲۰-۶ اندازه‌گیری شد (۲۵).

توان هوازی توسط آزمون بی‌هوازی وینگیت ۳۰ ثانیه‌ای و با استفاده از دوچرخه ارگونومتر (مدل ۸۹۴ مونارک ساخت کشور سوئد) با مقاومت ۷۵ گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن مورد ارزیابی قرار گرفت. عملکرد توانی با استفاده از آزمون وینگیت مطابق مطالعه انجام شده توسط ناتل و همکاران ارزیابی شد (۲۶). توان یا قدرت اوج با یک دوره ۵ ثانیه و بیشترین بازده کار بررسی شد و توان بی‌هوازی متوسط ثبت شده در حین آزمون وینگیت به عنوان توان بی‌هوازی متوسط در نظر گرفته شد. توان بی‌هوازی حداقل، کمترین بازده کاری فرد در یک دوره ۵ ثانیه‌ای آزمون در نظر گرفته شد. شاخص خستگی با فرمول زیر محاسبه شد:

توان اوج / (توان حداقل - توان اوج) = شاخص خستگی

نمونه‌های خونی از سیاه‌رگ کوبیتال گرفته شدند و در لوله‌های حاوی لیتیوم هپارین جمع‌آوری و سپس با سرعت ۱۵۰۰ دور در دقیقه و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. پلاسما برای تجزیه‌وتحلیل بعدی در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد ذخیره شد. سطوح نیتریت و نیترات پلاسما با استفاده از روش لومینسانس شیمیایی سنجش شدند (۴).

داده‌ها به صورت میانگین و انحراف معیار (انحراف معیار ± میانگین) بیان شدند. تمام تجزیه‌وتحلیل‌های آماری از طریق نرم افزار SPSS (نسخه ۱۹) انجام شدند. از آزمایش شاپیرو ویلک برای بررسی توزیع طبیعی داده‌ها و از آزمون t مستقل برای محاسبه اختلاف بین گروه‌های تحقیق استفاده شد. از ضرایب همبستگی پیرسون جهت ارزیابی روابط بین مقادیر پلاسمایی نیترات و نیتریت با عملکرد Yo-Yo و ضربان قلب بین هر دو گروه استفاده شد. سطح معناداری آماری $\alpha = ۰/۰۵$ تعیین شد.

یافته‌ها

۴۲ بازیکن فوتبال مرد در این مطالعه شرکت کردند که ویژگی‌های آنتروپومتریک آزمودنی‌ها در جدول شماره ۱ نشان داده شده‌است.

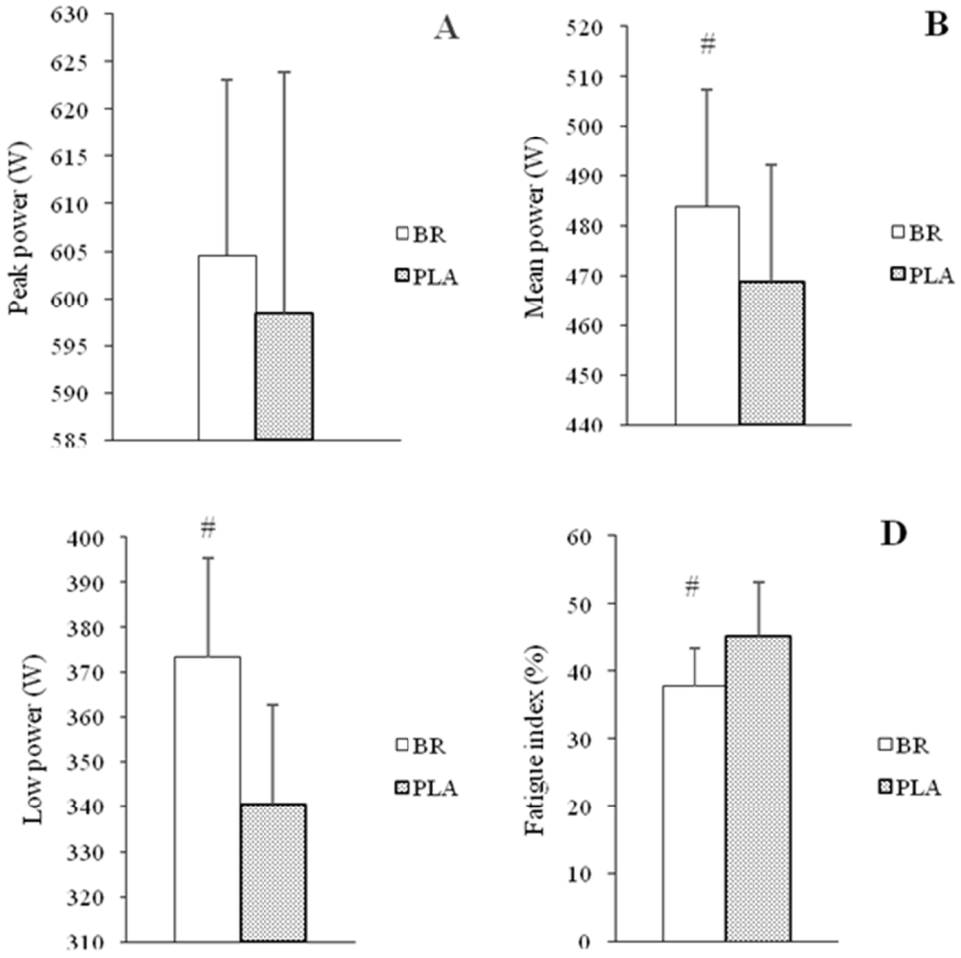
آزمون وینگیت

تأثیر BR و PLA بر شاخص‌های آزمون وینگیت در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان داد هیچ اختلاف معنی‌داری بین BR و PLA در اوج توان وجود ندارد (شکل A ۱). همچنین، همان‌طور که در شکل

جدول ۱- ویژگی‌های آنتروپومتریک آزمودنی‌ها شرکت کننده در مطالعه (انحراف معیار ±میانگین)

سن (سال)	۲۰/۵۰ ± ۰/۵۸
وزن (کیلوگرم)	۶۷/۱۴ ±۲/۳۵
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)	۲۱/۳۴ ±۰/۴۸
درصد چربی بدن	۱۱/۶۳±۱/۴۴

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-17]



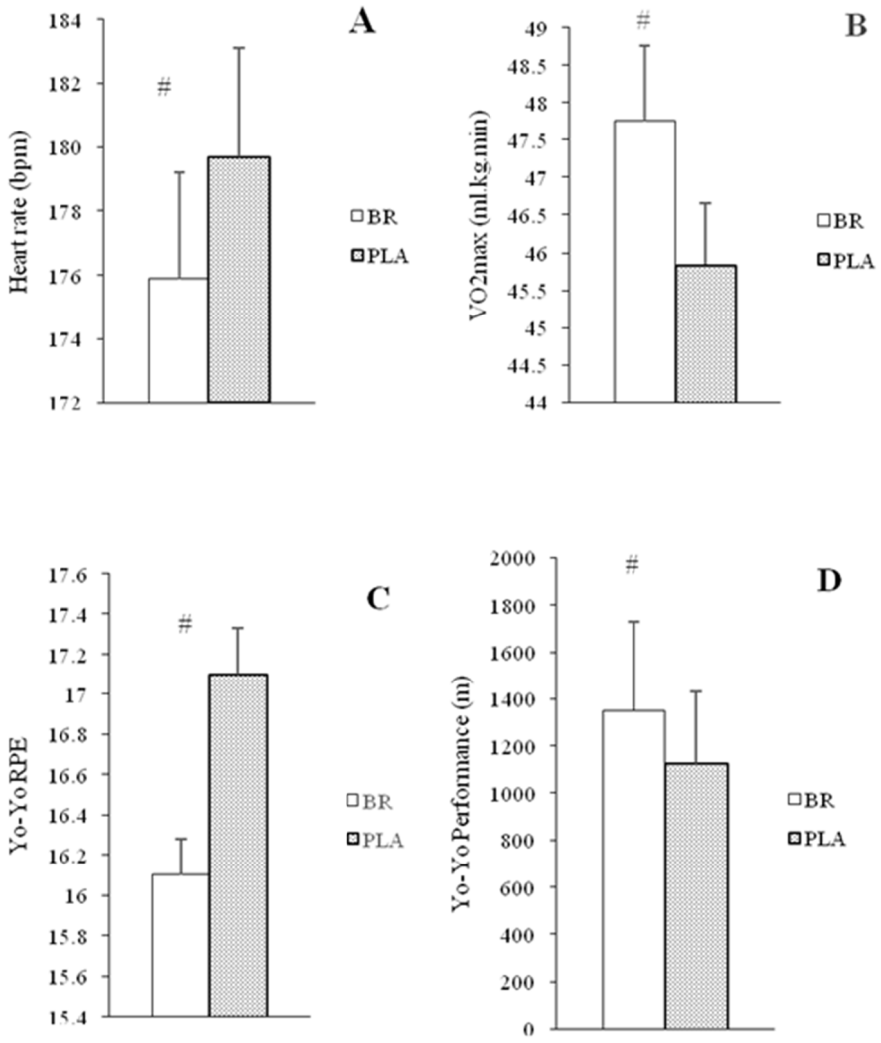
شکل ۱- تأثیر مصرف دارونما و مصرف آب چغندر بر عملکرد در آزمون وینگیت؛ #P<۰/۰۵ در مقایسه دارونما. PLA، دارونما؛ BR، آب چغندر.

۱B و ۱C نشان داده شد، افزایش معنی‌داری (p=۰/۰۴۵) در توان متوسط و توان حداقل بین BR و PLA مشاهده گردید (۲۳/۶۰ ± ۴۸۳/۹۱ در مقابل ۲۳/۳۹ ± ۴۶۸/۷۷ برای توان متوسط؛ ۲۲/۰۳ ۳۷۳/±۳۱ در مقابل ۲۲/۴۰±۳۴۰/۴۱ برای توان حداقل). همان‌طور که در شکل۱D نشان داده شده است، شاخص خستگی پس از مصرف BR در مقایسه با PLA به طور معناداری تا ۲۱ درصد کاهش یافت (۵/۶۶±۳۷/۶۶ در مقابل ۷/۹۴±۴۵/۲۷؛ p=۰/۰۳۵).

آزمون *YO-YO IR1*

ضربان قلب آزمودنی‌ها هنگام اجرای آزمون YO-YO IR1 اندازه‌گیری شد. میانگین ضربان قلب پس از مصرف مکمل BR در مقایسه با PLA به طور معناداری کاهش یافت (p=۰/۰۱۹) (شکل ۲A). VO_{2max} پس از مصرف مکمل BR در مقایسه با PLA (۱/۰۱ ± ۴۷/۷۵ در مقابل ۰/۸۲± ۴۵/۸۴؛ P =۰/۰۴۳) به طور معناداری افزایش داشت (شکل B۲). میزان درک تلاش (The Borg Rating of Perceived Exertion-RPE) که با مقیاس بورگ تعیین شد، به طور معناداری پس از مصرف مکمل BR در مقایسه با PLA کاهش یافت (p= ۰/۰۴۶، شکل C ۲). عملکرد دویدن تناوبی شدید آزمودنی‌ها پس از مصرف مکمل BR در مقایسه با PLA به طور معناداری افزایش یافت (۳۸۱ ±۱۳۵۲ در مقابل ۳۱۰ ± ۱۱۲۴، p= ۰/۰۳۴). مسافت پیموده شده هنگام آزمون YO-YO IR1 پس از مصرف BR در مقایسه با PLA به طور معناداری افزایش یافت (۳۸۱±۱۳۵۲ در مقابل ۳۱۰ ± ۱۱۲۴، p= ۰/۰۲۳)

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-17]



شکل ۲- تأثیر مصرف دارونما و مصرف آب چغندر بر عملکرد در آزمون YO-YO IR1؛ #:P<۰/۰۵ در مقایسه دارونما. PLA، دارونما؛ BR، آب چغندر.

(شکل 2D).

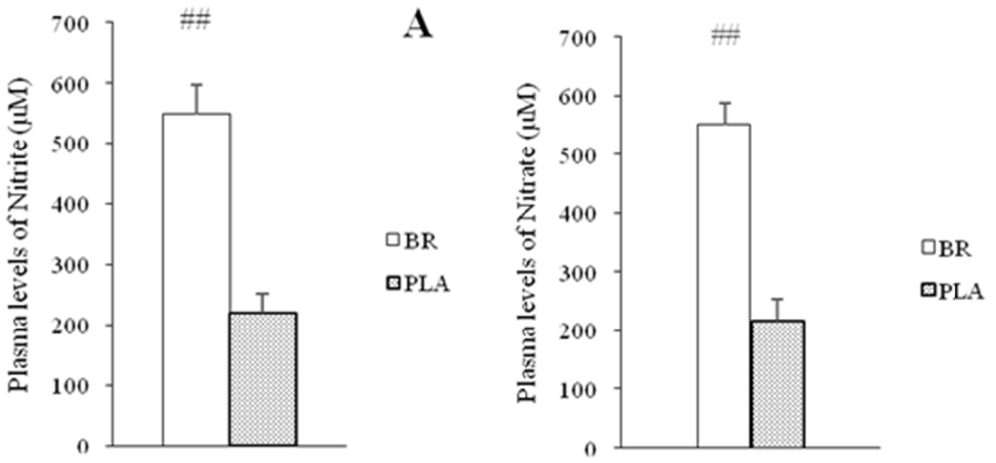
غلظت نیتریت پلاسما

مقادیر نیترات پلاسما پس از مصرف BR در مقایسه با PLA افزایش معنی‌داری داشت (p=۰/۰۰۱) (شکل ۳A). به همین ترتیب، مقادیر نیترات پلاسما پس از مصرف BR در مقایسه با PLA افزایش معنی‌داری یافت (۶۶/۵۷ ±۵۵۰/۰۰ در مقابل ۳۷/۲۱ ± ۲۱۸/۰۰ میکرومولار، p=۰/۰۰۱) (شکل 3B).

بحث

یافته اصلی این مطالعه این است که یک دوره مصرف مکمل آب چغندر به بهبود قابل توجهی در عملکرد تمرین تناوبی شدید در بازیکنان فوتبال منجر شده است. این بهبود شامل کاهش ضربان قلب هنگام آزمون دویدن تناوبی شدید و همچنین افزایش VO_{2max} بود. یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد مکمل آب چغندر باعث افزایش توان اوج، توان متوسط و توان حداقل و باعث کاهش شاخص خستگی شده است. علاوه بر این، همبستگی مثبت بین نیترات و نیتریت پلاسما با

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-17]



شکل ۳- میانگین مقادیر نیتریت پلاسما (A) و غلظت‌های نیترات پس از مصرف شش روزه آب چغندر. داده‌ها به صورت میانگین ±SD بیان شده‌اند؛ ##: P<۰/۰۱ در مقایسه دارونما. PLA، دارونما؛ BR، آب چغندر.

عملکرد Yo-Yo و VO_{2max} وجود دارد. از طرف دیگر، همبستگی منفی بین نیترات و نیترات پلاسما با حداکثر ضربان قلب وجود دارد. علاوه بر این، مقادیر نیترات و نیترات پلاسما پس از ۶ روز مصرف مکمل آب چغندر به طور معنی‌داری در بازیکنان فوتبال افزایش یافت. مطالعات قبلی نشان داده اند مکمل نیترات باعث بهبود ظرفیت تمرین (۲۷و ۲۸) و عملکرد (۲۹) در ورزشکاران استقامتی می‌شود. مطالعات اخیر حاکی از آن است که مکمل نیترات باعث بهبود عملکرد در تمرین تناوبی شدید (۴و ۲۲) و تمرین دویدن با حداکثر سرعت می‌شود (۲۵و ۳۰). محققان مطرح کردند مکمل نیترات می‌تواند توان اوج را توسط یک دستگاه ایزوکینتیک در افراد سالم افزایش دهد (تقریباً ۶-۵ درصد) (۲و ۳۱). در مطالعه‌ای که توسط کوئنکا و همکاران انجام شد مشخص شد یک دوز حاد مصرف آب چغندر (۷۰ میلی‌لیتر) توان اوج را در مردان سالم با تمرین مقاومتی شدید افزایش می دهد. آن‌ها نشان دادند عملکرد (حداکثر توان اوج) در طی ۱۵ ثانیه اول آزمون وینگیت بهبود می‌یابد و سپس به تدریج کاهش می‌یابد. با این حال، هنگامی که آزمون وینگیت به مدت ۳۰ ثانیه کنترل شد، توان اوج در گروه آب چغندر در مقایسه با گروه دارونما (۱۳۵ ±۸۸۱ در مقابل ۱۳۴±۸۴۸ افزایش یافته است (۲۵). مطالعه دیگری نشان داد دوز شدید مکمل آب چغندر ممکن است تنها در افزایش نیروزائی گذرا در توان اوج در ثانیه‌های اول تمرین دویدن با حداکثر سرعت تأثیر بگذارد. اثر نیروزائی گذرا در مکمل آب چغندر می‌تواند پس از چند بار مصرف این مکمل کاهش یابد (۳۲). شاخص خستگی عامل مهمی است که نشان می‌دهد که دوز شدید مکمل آب چغندر دارای اثر نیروزائی گذرا است. برخی از مطالعات نتوانستند تفاوت معنی‌دار در شاخص خستگی بین گروه آب چغندر و گروه دارونما را نشان دهند (۲۵و۳۲).

یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد مکمل‌دهی ۶ روزه آب چغندر توانسته است توان اوج و شاخص خستگی را به طور معنی‌داری در بازیکنان فوتبال بهبود بخشد. سرعت پدال در دوچرخه ارگومتر با سرعت انقباض و به کارگیری واحدهای حرکتی نوع II همراه است (۳۳). اگرچه سازوکار اساسی در بهبود توان اوج در انسان هنوز اثبات نشده است، اما مکمل آب چغندر باعث افزایش تولید نیرو در تارهای عضلانی نوع II و در نتیجه افزایش دپلاریزاسیون و غلظت کلسیم سیتوپلاسمی و تسهیل انقباض عضلات در حیوانات شده است (۱۰). تقریباً ۷۵ درصد انرژی مورد نیاز آزمون وینگیت از طریق مسیر کاتابولیک تأمین شده است. دستگاه فسفاژن منبع اصلی تولید انرژی در بخش اول آزمون‌های با حداکثر تلاش است (۳۴). ذخیره‌سازی فسفوکراتین بلافاصله در ثانیه های اول آزمون

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-17]

Wingate کاهش می‌یابد. در این زمان، مکمل آب چغندر می‌تواند هزینه تولید ATP در عضلات را کاهش و از این طریق میزان تخریب فسفوکراتین کاهش پیدا کند (۳۵). مکمل نیترات ممکن است با بالا بردن ذخایر ATP آزاد و فسفوکراتین به همراه کاهش نیازهای ATP در انقباضات عضلانی، باعث افزایش توان اوج شود. افزایش توان اوج، متوسط و حداقل در آزمون وینگیت پس از ۶ روز مصرف آب چغندر، بیانگر این مسئله است که خستگی عضلانی در پایان یک تمرین حداکثری بسیار افزایش خواهد یافت. شاخص خستگی به دنبال مصرف مکمل آب چغندر در مقایسه با دارونما کاهش یافته است.

مقادیر نیترات و نیتریت پلاسما پس از ۶ روز مصرف مکمل آب چغندر در بازیکنان فوتبال به طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین، تغییر در مقادیر نیترات و نیتریت پلاسما، با بهبود عملکرد دویدن در تمرین تناوبی شدید بازیکنان فوتبال همراه بوده است. ما شاهد افزایش ۱۶ درصدی عملکرد تمرین تناوبی در آزمون Yo-Yo بودیم. مطالعه‌ای نشان داد سرعت عملکرد دویدن در بازیکنان آماتور ورزش‌های تیمی پس از چند روز مصرف مکمل آب چغندر افزایش یافته است (۲۲). اگرچه مکانیسم اصلی این پدیده کاملاً شناخته نشده است، اما مطالعات حیوانی نشان دادند مکمل نیترات قادر به افزایش جریان خون از طریق افزایش غلظت نیتریک اکساید (۱۸) و عملکرد انقباضی تارهای عضلانی نوع II است (۱۰). علاوه بر این، استفاده از مکمل آب چغندر برای چند روز، زمان کافی برای وقوع سازگاری سلولی را ایجاد می‌کند، که این نشان‌دهنده آثار ارگونوژنیک نیترات است (۲۲). به نظر می‌رسد آزمودنی‌های تمرین کرده به دوزهای مختلف مکمل نیترات (دوز بالاتر یا مدت طولانی‌تر) نیاز دارند تا اثرات مفید این ترکیب در مقایسه با ورزشکاران آماتور نشان داده شود (۳۶). مطالعه حاضر تاثیر نیروزائی مکمل‌دهی شش روزه آب چغندر را در بازیکنان فوتبال نشان داد. بر خلاف مطالعات قبلی، نتایج مطالعه حاضر نشان داد آب چغندر در آزمون دویدن تناوبی شدید بر ضربان قلب و VO_{2max} آثار مفیدی داشته است. سازوکارهای تأثیر مکمل آب چغندر بر ضربان قلب در آزمودنی‌های تمرین کرده سالم هنوز مبهم و نامشخص است. با این حال، بورلاگ و همکاران نشان دادند مصرف نیترات می‌تواند توان قلبی بیماران مبتلا به نارسایی قلبی را هنگام فعالیت ورزشی افزایش دهد (۳۷). افزایش توان قلبی تا حدودی با افزایش حجم ضربه‌ای توجیه می‌شود. حجم ضربه‌ای ریشه در بهبود قابلیت انقباض میوسیت‌ها در بافت‌های قلبی دارد. به تازگی مطالعه‌ای نشان داد به موازات افزایش بیان پروتئین‌های انتقال کلسیم در بافت‌های قلبی جوندگان به دنبال مصرف مکمل نیترات، انقباض قلبی نیز افزایش یافت (۳۸). بنابراین، میانگین ضربان قلب پایین پس از مصرف مکمل آب چغندر ممکن است با بهبود حجم ضربه‌ای در ارتباط باشد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه به بررسی تاثیر مصرف مکمل آب چغندر در یک دوره ۶ روزه بر غلظت نیترات/نیتریت و شاخص‌های عملکردی در بازیکنان فوتبال پرداخته شد. پس از مصرف ۶ روزه مکمل آب چغندر مقادیر نیترات/ نیتریت پلاسما، توان اوج، توان متوسط، توان حداقل و عملکرد در آزمون Yo-Yo به طور معناداری افزایش یافتند. همچنین، ضربان قلب و شاخص خستگی به طور معناداری پس از مصرف آب چغندر در مقایسه با دارونما کاهش یافت. بنابراین، با توجه به این یافته‌ها می‌توان گفت ۶ روز مصرف مکمل آب چغندر می‌تواند عملکرد هوازی و بی‌هوازی بازیکنان فوتبال تمرین کرده را بهتر می‌کند.

تأییدیه اخلاقی

پژوهشگران کلیه قوانین اخلاقی مرتبط با تحقیقات بر روی انسان را رعایت نمودند.

References

1. Burns RD, Schiller MR, Merrick MA, Wolf KN. Intercollegiate student athlete use of nutritional supplements and the role of athletic trainers and dietitians in nutrition counseling. J Am Diet Assoc. 2004;104(2):246-249.

2. Coggan AR, Leibowitz JL, Khadkhodayan A, Thomas DT, Ramamurthy S, Spearie CA, et al. Effect of acute dietary nitrate intake on maximal knee extensor speed and power in healthy men and

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-17]

women. Nitric Oxide. 2015;48:16-21.
3. Whitfield J, et al. Beetroot juice supplementation reduces whole body oxygen consumption but does not improve indices of mitochondrial efficiency in human skeletal muscle. J Physiol. 2016;594(2):421-435.
4. Wylie LJ, et al. Dietary nitrate supplementation improves team sport-specific intense intermittent exercise performance. Eur J Applied Physiol. 2013;113(7):1673-1684.
5. Pflüger EFW. Pflüger's Archiv: European journal of physiology. Vol. 132. 1910: M. Hager.
6. Förstermann U, Sessa WC. Nitric oxide synthases: regulation and function. Eur Heart J. 2012;33(7):829-837.
7. Maughan RJ, et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2018;28(2):104-125.
8. Lundberg JO, Weitzberg E, Gladwin MT. The nitrate–nitrite–nitric oxide pathway in physiology and therapeutics. Nature Rev Drug Discov. 2008;7(2):156-167.
9. Qu X, et al. From nitrate to nitric oxide: the role of salivary glands and oral bacteria. J Dent Res. 2016;95(13):1452-1456.
10. Hernández A, et al. Dietary nitrate increases tetanic [Ca2+] i and contractile force in mouse fast-twitch muscle. J Physiol. 2012;590(15):3575-3583.
11. Kelly J, et al. Effects of nitrate on the power-duration relationship for severe-intensity exercise. Med Sci Sports Exerc. 2013;45(9):1798-806.
12. Cermak NM, Gibala MJ, Van Loon LJ. Nitrate supplementation's improvement of 10-km time-trial performance in trained cyclists. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2012;22(1):64-71.
13. Vasconcellos J, et al. Comparison of total antioxidant potential, and total phenolic, nitrate, sugar, and organic acid contents in beetroot juice, chips, powder, and cooked beetroot. Food Sci Biotechnol. 2016;25(1):79-84.
14. Thompson, C., et al., Discrete physiological effects of beetroot juice and potassium nitrate supplementation following 4-wk sprint interval training. J Appl Physiol. 2018;124(6):p. 1519-1528.
15. Domínguez R, et al. Effects of beetroot juice supplementation on cardiorespiratory endurance in athletes. A systematic review. Nutrients. 2017;9(1):43.
16. Aucouturier J, et al. Effect ofdietary nitrate supplementation on tolerance to supramaximal intensity intermittent exercise. Nitric Oxide. 2015;49:16-25.
17. Wylie LJ, et al. Influence of beetroot juice supplementation on intermittent exercise performance. Eur J Appl Physiol. 2016;116(2):415-425.
18. Ferguson SK, et al. Impact of dietary nitrate supplementation via beetroot juice on exercising muscle vascular control in rats. J Physiol. 2013;591(2):547-557.
19. Domínguez R, et al. Effects of beetroot juice supplementation on intermittent high-intensity exercise efforts. J Int Soc Sports Nutr. 2018;15(1):1-12.
20. Masschelein E, et al. Dietary nitrate improves muscle but not cerebraloxygenation status during exercise in hypoxia. J appl Physiol. 2012;113(5):736-745.
21. Bradley PS, et al. High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. J Strength Cond Res. 2010;24(9):2343-2351.
22. Thompson C, et al. Dietary nitrate supplementation improves sprint and high-intensity intermittent running performance. Nitric Oxide. 2016;61:55-61.
23. Krustrup P, et al. Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. Med Sci Sports Exerc. 2006;38(6):1165-1174.
24. Bangsbo J, Iaia FM, Krustrup P. The Yo-Yo intermittent recovery test. Sports Med. 2008;38(1):37-51.
25. Cuenca E, et al. Effects of beetroot juice supplementation on performance and fatigue in a 30-s all-out sprint exercise: a randomized, double-blind cross-over study. Nutrients. 2018;10(9):1222.
26. Nottle C, Nosaka K. Changes in powerassessed by the Wingate Anaerobic Test following downhill running. J Strength Cond Res. 2007;21(1):145-150.
27. Bailey SJ, et al. Inorganic nitrate supplementation improves muscle oxygenation, O2 uptake kinetics, and exercise tolerance at high but not low pedal rates. J Appl Physiol. 2015;118(11):1396-1405.
28. Bailey SJ, et al. Dietary nitrate supplementation reduces the O_2 cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensityexercise in humans. J Appl Physiol. 2009.
29. Lansley KE, et al. Acute dietary nitrate supplementation improves cycling time trial performance. Med Sci Sports Exerc. 2011;43(6):1125-1131.
30. Thompson C, Wylie LJ, Fulford J, Kelly J, Black MI, McDonagh ST, et al. Dietary nitrate improves sprint performance and cognitive function during prolonged intermittent exercise. Eur J Appl Physiol. 2015;115(9):1825-34.
31. Coggan AR, Broadstreet SR, Mikhalkova D, Bole I, Leibowitz JL, Kadkhodayan A, et al. Dietary nitrate-induced increases in human muscle power: high versus low responders. Physiol Rep. 2018;6(2):e13575.
32. Jonvik KL, Nyakayiru J, Van Dijk JW, Maase K, Ballak S, Senden J, et al. Repeated-sprint

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-17]

performance and plasma responses following beetroot juice supplementation do not differ between recreational, competitive and elite sprint athletes. Eur J Sport Sci. 2018;18(4):524-33.
33. Beelen A, Sargeant A. Effect of prior exercise at different pedalling frequencies on maximal power in humans. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1993;66(2):102-7.
34. Calbet JA, De Paz JA, Garatachea N, Cabeza de Vaca S, Chavarren J. Anaerobic energy provision does not limit Wingate exercise performance in endurance-trained cyclists. J Appl Physiol. 2003;94(2):668-76.
35. Kerley CP. Dietary nitrate as modulator of physical performance and cardiovascular health. Curr Opin Clin Nutr Metab Care. 2017;20(6):440-6.
36. Porcelli S, Ramaglia M, Bellistri G, Pavei G, Pugliese L, Montorsi M, et al. Aerobic fitness affects the exercise performance responses to nitrate supplementation. Med Sci Sports Exerc. 2015 Aug;47(8):1643-51.
37. Borlaug BA, Koepp KE, Melenovsky V. Sodium nitrite improves exercise hemodynamics and ventricular performance in heart failure with preserved ejection fraction. J Am Coll Cardiol. 2015;66(15):1672-82.
38. Pironti G, Ivarsson N, Yang J, Farinotti AB, Jonsson W, Zhang SJ, et al. Dietary nitrate improves cardiac contractility via enhanced cellular Ca 2+ signaling. Bas Res Cardiol. 2016;111(3):34.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-17]