پژوهش در تغذیه ورزشی
سال دوم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، صص ۶۶-۵۳

مقاله پژوهشی

https://researchinexercisenutrition.com

https://doi.org/10.22034/ren.2024.140560.1052

تاثیر تمرینات پلایومتریک و مکمل عصاره چغندر بر توان بی‌هوازی و سطوح نیتریک اکسید، لاکتات و PH خون به دنبال فعالیت بی‌هوازی شدید در بازیکنان فوتبال

کریم آزالی علمداری[1]✉، مهدی بابائی خوینرود [2]، رقیه فخرپور[3]

تاریخ دریافت:۱۴۰۲/۱۱/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۸

چکیده

هدف: در پژوهش حاضر تاثیر تمرینات پلایومتریک و مکمل عصاره چغندر بر توان بی‌هوازی و سطوح نیتریک اکسید، لاکتات و PH خون به دنبال فعالیت بی‌هوازی شدید در بازیکنان فوتبال بررسی شد.

روش شناسی: بدین منظور از بین بازیکنان فوتبال غیر نخبه ۱۵ تا ۱۸ سال شهرستان تبریز ، تعداد ۴۰ نفر به صورت داوطلبانه انتخاب و به صورت تصادفی در چهار گروه ۱۰ نفره شامل پلایومتریک، عصاره چغندر، پلایومتریک-عصاره چغندر و کنترل (دارونما) تقسیم شدند. تمرین پلایومتریک به مدت شش هفته (دو جلسه در هفته) به اجرا درآمد. افراد گروه‌های مکمل، روزانه دوبار مکمل آب چغندر یا دارونما به میزان یک میلی لیتر به ازای هر کیلوگرم وزن بدن دریافت کردند. نمونه‌های خونی جهت سنجش مقدار لاکتات، pH و نیتریک اکساید (NO) به روش الایزا اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه-گیری شاخص‌های توان بی‌هوازی (اوج، حداقل و میانگین توان و شاخص خستگی از آزمون رست استفاده شد. داده‌ها با تحلیل واریانس سری‌های زمانی عاملی و آزمون تعقیبی بونفرونی تحلیل شدند.

یافته‌ها: تمرینات پلایومتریک و مصرف مکمل عصاره چغندر سبب کاهش PH خون، شاخص‌خستگی و مقدار فشار درک شده شد ($p<۰/۰۵$). همچنین تمرینات پلایومتریک سبب کاهش لاکتات خون شد ($p<۰/۰۵$)، ولی مکمل عصاره چغندر بر لاکتات خون تاثیر معناداری نداشت ($p>۰/۰۵$). همچنین شش هفته تمرینات پلایومتریک و مصرف مکمل عصاره چغندر سبب افزایش شاخص‌های توان بی‌هوازی و NO خون شد ($p<۰/۰۵$).

نتیجه گیری: احتمالا می‌توان از تمرینات پلایومتریک و مصرف مکمل عصاره چغندر جهت بهبود شاخص‌های توان بی‌هوازی و عملکرد در بازیکنان فوتبال استفاده کرد.

واژگان کلیدی: پلایومتریک، چغندر، توان بی‌هوازی، نیتریک اکسید، لاکتات

۱- دانشیار فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان.

✉ **نویسنده مسئول:**
azalof@gmail.com

۲- کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان.

۳- دانشیار فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان.

ISSN:۲۹۸۰-۸۹۶۰

تمامی حقوق این مقاله برای نویسندگان محفوظ است.

ارجاع دهی:

Azali Alamdari, K., Babaei Khooinaroud, M and R. Fakhrpour, The effect of plyometric exercises and beetroot extract supplementation on anaerobic power, nitric oxide, lactate and blood pH following intensive anaerobic activity in football players. **Research in Exercise Nutrition**, 2023. 2(1): p.53 -66. Doi: https://doi.org/10.22034/ren.2024.140560.1052 .

Original Article

REN

https://doi.org/10.22034/ren.2024.140560.1052 Research in Exercise Nutrition 2023; 2(1): 67-79

The effect of plyometric training and beetroot extract supplementation on anaerobic power, nitric oxide, lactate and blood pH following intense anaerobic activity in football players

Karim Azali Alamdari[1]✉, Mahdi Babaei Khooinaroud[2], Roghaeh Fakhrpour[3]

Received: 2024/01/22 **Accepted: 2024/02/17**

Abstract

Aims: This study aimed to investigate the impact of plyometric training and beetroot extract supplementation on anaerobic power, nitric oxide (NO), blood lactate, and pH following intense anaerobic exercise in football players.

Methods: The study involved 40 non-elite football players aged 15 to 18 in Tabriz city in 2023. These individuals were voluntarily selected and randomly divided into four groups (n=10 each): plyometrics, beetroot extract, plyometrics combined with beetroot extract, and a control group receiving a placebo. Plyometric training was conducted over six weeks, with two sessions per week. Participants in the supplement groups received beetroot juice twice daily or a placebo equivalent to 1ml of beetroot juice per kilogram of body weight. Brachial vein blood samples were taken to measure blood lactate, pH, and NO using the ELISA method. The RAST test was utilized to measure anaerobic power indices (peak, minimum, and average power, as well as fatigue index). Data analysis was performed using analysis of variance for factorial time series and Bonferroni's post hoc test.

Results: The findings revealed that six weeks of plyometric training and beetroot extract supplementation led to decreased blood pH, fatigue index, and perceived pressure ($p<0.05$). Plyometric training also resulted in decreased blood lactate ($p<0.05$), while beetroot extract supplementation did not have a significant effect on blood lactate ($p > 0.05$). Additionally, the combination of six weeks of plyometric training with beetroot extract supplementation increased anaerobic capacity and blood NO ($p < 0.05$).

Conclusion: Plyometric training and beetroot extract supplementation maybe effectively enhance anaerobic power and physical performance in soccer players.

Key words: plyometrics, beets, anaerobic power, nitric oxide, lactate

[1] . Associate Professor of Sports Physiology, Department of Physical Education and Sports Sciences, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Shahid Madani University of Azerbaijan.

✉ Corrispondig author: azalof@gmail.com

[2] . Master of Sports Physiology, Department of Physical Education and Sports Sciences, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Shahid Madani University of Azerbaijan.

[3] . Associate Professor of Sports Physiology, Department of Physical Education and Sports Sciences, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Shahid Madani University of Azerbaijan.

ISSN:2980-8960

All rights of this article are reserved for authors.

Citation:

Azali Alamdari, K., Babaei Khooinaroud, M and R. Fakhrpour, The effect of plyometric exercises and beetroot extract supplementation on anaerobic power, nitric oxide, lactate and blood pH following intensive anaerobic activity in football players. **Research in Exercise Nutrition**, 2023. 2(1): p.53 -66. Doi: https://doi.org/10.22034/ren.2024.140560.1052 .

مقدمه

فوتبال یکی از پرتماشاگرترین ورزش‌ها در جهان است و طبق آمار اخیر فدراسیون بین‌المللی فوتبال در حال حاضر تعداد ۲۷۰ میلیون نفر تعداد در جهان فوتبال بازی می‌کنند (۱). ماهیت رشته ورزشی فوتبال از نظر شدت تناوبی است و به نیازهای فیزیولوژیکی گوناگونی وابسته است (۲). در فوتبال، تعادل بین این اجزای آمادگی به سطح عملکردهای اجرای بازیکن فوتبال و روش بازی تیم بستگی دارد. بازیکنان فوتبال نیازهای متفاوت و متعدی دارند، از جمله نیاز به ظرفیت هوازی می‌باشد. در فعالیت ورزشی به مدت ۹۰ دقیقه، توانایی افزایش شتاب سریع در مسافتی کوتاه و کاهش شتاب و یا تغییر جهت ناگهانی است. علاوه بر این، باید به طور مکرر توان بی‌هوازی بالایی در پریدن، تکل زدن و شوت‌زدن تولید کنند (۳).

بر اساس نتایج تحقیقات، بازیکنان نخبه برای موفقیت در بازی به ویژگی‌های فیزیولوژیکی و حرکتی سطح بالایی از قبیل توان هوازی، توان بی‌هوازی، سرعت، چابکی و انعطاف‌پذیری نیاز دارند. به طور کلی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و حرکتی یکی از عوامل مهم در کیفیت عملکرد ورزشکار و رسیدن به پیروزی در مسابقات ورزشی می‌باشد (۴).

هر چند توان هوازی به تنهایی عامل موفقیت در فوتبال نیست ولی حداقل آستانه‌ی توان هوازی تقریبا به اندازه ۶۰ میلی لیتر به ازای هر کیلوگرم وزن بدن ضروری است. وقتی توان هوازی بازیکنان فوتبال از این مقدار کمتر باشد، احتمالا عملکرد نوسان می‌یابد (۵).

از سوئی، روش‌های تمرینی متنوعی برای افزایش توان و قدرت انفجاری در فوتبالیست‌ها وجود دارد که یکی از بهترین این برنامه‌ها، تمرینات پلایومتریک[1] هست. تمرینات پلایومتریک نوعی از تمرینات رایج ورزشی هستند که برای افزایش توان و قدرت عضلانی استفاده می‌شوند (۶). تمرینات پلایومتریک شامل کشش کنترل شده عضله حرکت برونگرا (و بلافاصله به دنبال آن کوتاه شدن سریع عضله) حرکت درونگرا می‌باشد. این تمرینات به دلیل ایجاد کشش و انقباض در عضلات، باعث فعال‌سازی مسیر-های سیگنالی درون سلولی و ایجاد هایپرتروفی تارهای عضلانی می‌شود (۶). در حقیقت استفاده از تمرین پلایومتریک پلی میان قدرت و سرعت است و در سنین مختلف نیز کاربرد دارد. در بیش‌تر برنامه‌های آماده سازی ورزشکاران پلایومتریک با دیگر روش‌های تمرینی اغلب تمرین با وزنه ترکیب می‌شود. برای مثال به نظر می‌رسد ترکیب پلایومتریک و تمرین با وزنه تأثیر بیش‌تری در افزایش عملکرد ورزشکاران نسبت به تمرین پلایومتریک تنها دارد (۶). بنابراین زمانی که ست‌های پلایومتریک تجویز می‌شوند، ۳۰، ۶۰ یا ۱۲۰ ثانیه استراحت بین این ست‌ها برای ایجاد سازگاری‌های انفجاری قابل توجه در بازیکنان مرد جوان فوتبال کافی است (۷). از این رو تمرینات پلایومتریک موجب بهبود عملکرد ورزشکار می‌شود (۸).

علاوه بر تمرینات ورزشی، استفاده از مکمل‌ها نیز جهت افزایش عملکرد و بهبود کارایی ورزشکاران مورد استفاده وسیعی قرار گرفته است (۹). آب چغندر، به عنوان یک مکمل مورد استفاده ورزشکاران قرار می‌گیرد که حاوی نیترات غیرآلی (NO3-) بالایی است و در سبزیجات به طور طبیعی یافت می‌شود (۱۰). با وجود اینکه NO3- به عنوان یک مولکول بیولوژیکی بی اثر در نظر گرفته می‌شود (۱۱). درون بدن NO3- می‌تواند به شکل فعال خود یعنی نیتریک اکساید (NO) تبدیل شود که نقش مهمی در بسیاری از مسیرهای پیام رسانی و بیولوژیکی ازجمله بهبود انتقال عصبی، جریان خون، تغییرات در مصرف اکسیژن میتوکندریایی، بهبود مزایای شناختی، خلق و خوی و عملکرد قلبی - عروقی دارد. مکمل یاری با NO3- به یک روش ویژه برای افزایش گردش پلاسمایی نیتریت (NO2-) همچنین NO تبدیل شده است، که باعث کاهش فشارخون (۱۲)، بهبود کنترل عروق (۱۳) کاهش مصرف اکسیژن در حین تمرین (۱۴) افزایش عملکرد انقباض عضله و بهبود عملکرد در حین فعالیت‌های ورزشی می‌شود (۱۵).

هم چنین، مشاهده شده است ظرفیت آنتی اکسیدانی به طور قابل توجهی آب چغندر نسبت به سایر نوشیدنی‌ها مانند آب گوجه، آب هویج، چای سبز، آب گیلاس و آب زغال اخته ظرفیت آنتی اکسیدانی بیشتری دارد. این ظرفیت آنتی اکسیدانی بالا در آب چغندر، به دلیل وجود ترکیبات متعددی که تولید اکسیدان‌ها و متعاقبا محدودیت در آسیب‌های سلولی را مهار می‌کند، است (۱۶). همچنین NO3- با توجه اینکه بهNO کاهش می‌یابد، از طریق سرکوب لکوسیت‌ها، اثر آنتی اکسیدانی مستقیم دارد (۱۷). عصاره چغندر استقامت و عملکرد تمرینی با شدت بالا را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، پس از مصرف مکمل عصاره چغندر، عملکرد تمرین تناوبی در ورزشکاران تفریحی (غیرحرفه‌ای) نیز بهبود پیدا می‌کند (۱۸). با این حال تاثیر مکمل چغندر بر روی بسیاری از جنبه‌های فیزیولوژیکی مرتبط با عملکرد به صورت دقیق روشن نیست. از اینرو هدف از مطالعه حاضر بررسی تاثیر توأم تمرینات پلایومتریک و عصاره چغندر بر توان بی‌هوازی و سطوح نیتریک اکسید، لاکتات و PH خون به دنبال فعالیت بی‌هوازی شدید در بازیکنان فوتبال بود.

1 . Plyometric training

روش‌شناسی

تحقیق تجربی حاضر از نوع کاربردی با طرح پیش آزمون و پس آزمون بود که بر روی بازیکنان فوتبال غیر نخبه داوطلب ۱۵ تا ۱۸ سال شهرستان تبریز انجام شد.

معیارهای ورود به مطالعه شامل عضویت بصورت حداقل سه سال در تیم‌های فوتبال در سطح استان و کشور، عدم مصرف دخانیات یا مکمل ورزشی، عدم ابتلای به بیماری‌های مزمن و بیماری‌های تنفسی، متابولیکی، قلبی و عروقی، کلیوی و کبدی بود.

پس از برگزاری جلسه توجیهی، افراد داوطلب واجد شرایط توسط پزشک از طریق اخذ شرح حال برای تعیین سلامتی قلبی و معاینات بدنی و حسی–حرکتی برای ارزیابی از لحاظ تنفس، قند خـــون، فشار خون، مشکلات تعادل و عوارض مفصلی (و بررسی پرونده‌های پزشکی) غربالگری شدند. در ادامه پس از اخذ رضایت نامه تعداد ۴۰ آزمودنی(سن: ۱/۹ ± ۱۷/۱ سال، قد: ۵/۱ ± ۱۷۱/۷ سانتی متر و وزن: ۲/۵ ± ۶۳/۳ کیلوگرم) به صورت تصادفی در چهار گروه پلایومتریک (۱۰ نفر)، عصاره چغندر (۱۰ نفر)، پلایومتریک–عصاره چغندر (۱۰ نفر) و کنترل (دارونما) (۱۰ نفر) تقسیم شدند.

در پیش آزمون از همه آزمودنی‌ها آزمون RAST[1] به عمل آمد و دقیقا در زمان‌های ۲ و ۵ دقیقه بلافاصله پس از آزمون RAST، خون‌گیری برای سنجش لاکتات، pH و NO خون انجام شد. همچنین مقدار درک فشار نیز با پرسشنامه RPE آنالوگ اندازه‌گیری شد.

برای شرکت در آزمون رست آزمودنی‌ها قبل از شروع آزمون، به مدت ۱۰ دقیقه به گرم کردن پرداختند و ثبت رکوردها با دستگاه چشم نوری (فتوسل: ساخت ایران به سفارش دانشگاه تهران) انجام شد. بدین ترتیب که دو جفت فتوسل در محل خط شروع و پایان ۳۵ متر قرار داده شد و آزمودنی در هر تکرار، به فاصله ۷۶ سانتی‌متر از خط شروع قرار گرفتند و با شنیدن صدای بوق دستگاه، شروع به دویدن با شدت بیشینه کردند و در انتها، پس از عبور از مقابل چشم نوری، زمان سنج دستگاه متوقف شد و رکورد فرد توسط دستگاه ثبت شد. به منظور حذف زمان عکس العمل، دستگاه در حالتی تنظیم شد که زمان‌سنج پس از عبور فرد از مقابل چشم نوری اول شروع به کار کند (۱۹). آزمون رست همچنین در پایان مداخله به فاصله ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین از همه ازمودنی‌ها مجدداً به عمل آمد.

آزمودنی‌های گروه‌های تمرین، ابتدا در یک جلسه با شیوه صحیح انجام حرکات آشنا شده و نکات ایمنی و طرز صحیح انجام حرکات و توصیه های لازم در مورد جگونگی اجرای تمرینات ارایه شد. برای انجام تمرینات پلایومتریک دستورالعمل‌های ACSM رعایت شد. در این دستورالعمل، کودکان و نوجوانان باید قبل از شرکت در یک برنامه تمرینی پلایومتریک، به سطح پایه‌ای از قدرت عضلانی رسیده باشند، یا باید تمرینات پلایومتریک را با شدت کمتر شروع کنند و به تدریج در طول زمان به تمرینات با شدت بالاتر پیشرفت کنند. اگرچه یک برنامه تمرینی پلایومتریک وجود ندارد که برای همه جوانان بهینه باشد، اما با دو تا چهار ست ۶ تا ۱۰ تکراری روی تمرینات انتخابی دو بار در هفته در روزهای غیر متوالی معقول به نظر می‌رسد. به کودکان و نوجوانان باید اطلاعات خاصی در مورد تکنیک ورزشی مناسب، سرعت پیشرفت و روش‌های تمرینی ایمن (به عنوان مثال، پیشرفت مبتنی بر تکنیک) ارائه شود. همچنین کودکان و نوجوانان باید از کفش‌های ورزشی حمایتی استفاده کنند و تمرینات پلایومتریک باید روی سطوحی با خاصیت ارتجاعی انجام شود. همچنین نمونه‌هایی از موارد منع مصرف برای استفاده از پلایومتریک عبارتند از درد، التهاب، رگ به رگ شدن حاد، فشارهای حاد یا تحت حاد، بی ثباتی مفصل و محدودیت‌های بافت نرم بر اساس شرایط پس از عمل. با این حال، احتمالا مهم‌ترین منع پلایومتریک زمانی است که ورزشکار قدرت پایه تمرینی را نداشته باشد. به طور کلی مفاد جدول زیر باید قبل از آغاز تمرینات در آزمودنی‌ها محقق شود که به عنوان شاخص‌های ورود به تحقیق لحاظ شد (۲۰).

در طول دوره تحقیق، هر چهار گروه تمرینات منظم فوتبال خود (دو روز در هفته) را ادامه دادند و هیچ گونه تمرین سرعتی و غیره اضافی انجام نشد. اما به آزمودنی‌های گروه‌های تمرین پلایومتریک توصیه شد از وارد کردن فشار شدید در تمرینات فوتبال به شدت اجتناب کنند. آزمودنی‌های دو گروه دیگر شامل عصاره چغندر و کنترل، در دو جلسه تمرین فوتبال ۹۰ دقیقه‌ای اضافی(برای شبیه سازی بیشتر انرژی مصرفی با تمرینات گروه‌های پلیومتریک) شرکت کردند (در شرایطی که به صورت دو سوکور تصور کردند که همه آنها در حال مصرف مکمل عصاره چغندر می‌باشند).

تمرینات پلیومتریک متشکل از ورزش‌های با شدت حداکثر سرعت ارادی بر علیه وزن بدن یا بر علیه وزنه‌های سبک بود. برنامه تمرین پلیومتریک همانند تحقیق (۲۱) دو روز(با حداقل ۳ روز فاصله از همدیگر) در هفته انجام شد. هر جلسه دارای ۱۰ دقیقه گرم کردن (پنج دقیقه دویدن با سرعت زیربیشینه (حداکثر با سرعت شش کیلومتر بر ساعت)، چندین حرکت جابجاییِ رفت و

1. Running-Based Anaerobic Sprint Test

برگشتی و کششی و دو حرکت پرشی زیربیشینه) و پنج دقیقه تمرینات کششی سرد کردن تشکیل شد.

جدول ۱: الگوریتم تست پیشنهادی برای کسب اطمینان از آمادگی برای آغاز تمرین پلایومتریک (۲۰)

آزمون‌ها و روش‌ها	معیارهای خاص
درد	در اندام تحتانی وجود ندارد
دامنه حرکتی	دامنه حرکتی کامل تمامی مفاصل
تورم	عدم بروز
تعادل – چشم باز	توانایی ایستادن به مدت ۳۰ ثانیه
تعادل – چشم بسته	توانایی ایستادن به مدت ۳۰ ثانیه
قدرت عضلانی	حداکثر تا ۲۰ درصد اختلاف در مقایسه دو طرفه
استقامت عضلانی	حداکثر تا ۲۰ درصد اختلاف در مقایسه دو طرفه
کنترل عصبی عضلانی	اجرای نسبتا خوب الگوهای حرکتی بدون انجام حرکات اشتباه
اسکات نیمه با یک پا	بدون درد همراه با اجرای الگوهای حرکتی با کیفیت خوب
اسکات با وزنه آزاد: ۱/۵ تا ۲/۵ برابر توده بدن	بدون درد همراه با اجرای الگوهای حرکتی با کیفیت خوب
پنج بار اسکات زدن با ۶۰ درصد از وزن در عرض پنج ثانیه	بدون درد همراه با اجرای الگوهای حرکتی با کیفیت خوب
تمرینات پلایومتریک با شدت پایین	بدون درد همراه با اجرای الگوهای حرکتی با کیفیت خوب

ورزش‌های پلیومتریک شامل ۱) تاک جامپ[1] (شامل پرش جفت به بالا با جمع کردن زانوها در شکم در دو تا چهار ست ۱۰ تا ۲۰ متری با ارتفاع حداکثر)، ۲) پرش از حالت نشسته نیم اسکات (دو تا چهار ست شش تا ۱۰ تکراری بدون هالتر و وزنه)، ۳) پرش پا اسپلینت[2]، ۴) تمرینات طول گام (دو تا چهار ست شش تا ۱۰ تکراری با طول گام جهشی حداکثر)، ۵) ریم جامپ (پرش ارتفاع درجا[3])، ۶) استپ آپ[4](شامل پرش به بالا در حالت استقرار یک پا روی سکو ۳۰ سانتی متری و فرود با دو پا فرود در دو تا چهار ست شش تا ۱۰ تکراری)، ۷) پرش جانبی از روی قندیل ۳۰ سانتی متری[5] (دو تا چهار ست شش تا ۱۰ تکراری)، ۸) پرش عمقی از سکو به سکو [6](دو تا چهار ست شش تا ۱۰ تکراری از روی سکو ۳۰ سانتی متری)، ۹) پرش زانو بلند تک پا[7] (دو تا چهار ست ۱۲ تا ۲۰ تکراری (مجموع تکرار با دو پا))، ۱۰) پایک جامپ[8] (پرش جفت عمودی با لمس روی پا در هوا با زانوهای باز در جلوی بدن در دو تا چهار ست شش تا ۱۰ تکراری)، ۱۱) لاترال هایدن[9] (شامل پرش تک پا به جانب با بالا کشیدن زانوی نزدیک به جهت پرش در دو تا چهار ست ۱۲ تا ۲۰ تکراری (مجموع تکرار با دو پا))، و ۱۲) پرتاب توپ پزشکی با دو دست از جلو (سه ست هشت تکراری) بودند. در فاصله بین حرکات و ستها یک دقیقه استراحت داده شد. تمرینات به صورت ایستگاهی بود و زمان استراحت بین ستها و حرکات با استفاده از سوت برای همه تنظیم شد. تمرین فوتبال بر روی چمن مصنوعی انجام شد و تمام جلسات با حضور محقق و دستیاران برای اطمینان از حضور منظم آزمودنی‌ها انجام شد. همه آزمودنی‌ها یک دستورالعمل راهنما برای مصرف نگهداری و طرز استفاده از مکمل و تمرینات دریافت کرد و در جلسه آشنایی با نحوه انجام تمرینات و مصرف مکمل آشنا شدند. همچنین آزمودنی‌ها برای حفظ وضعیت هیدراسیون، خواب و الگوی رژیمی در وضعیت طبیعی خود تشویق شدند.

با توجه به اینکه اوج نیتریت خون دو تا سه ساعت پس از مصرف خوراکی عصاره چغندر اتفاق می‌افتد(۲۲) و بنابراین در روزهای تمرین و آزمون، مکمل سه ساعت قبل از زمان آغاز تمرین مصرف شد. مصرف موارد ضدعفونی کننده دهانی به دلیل حذف باکتری‌های دهان، می‌توانند از افزایش سطوح نیتریت خون بعد از دریافت مواد حاوی نیترات جلوگیری کنند. بنابراین از آزمودنی‌ها خواسته شد در طول دوره تحقیق(شش هفته) از جویدن آدامس یا مصرف شیرینی جات و همچنین از مسواک زدن با خمیردندان‌ها و یا مصرف دهان شویه‌های دارای مواد ضدعفونی

1. Tuck jump
2. split squat jump
3. rim jump
4. Step up
5. lateral cone hop
6. box to box depth jump
7. single leg hop
8. Pike jump
9. Lateral Heiden

کننده از قبیل کلوهگزیدین[1]، گزیلیتول[2] خودداری کنند(۲۲). (یعنی فقط منع آدامس، شیرینی، خمیر دندان و یا دهان شویه‌های حاوی مواد ضدعفونی و نه کل این فرآورده‌ها). همچنین به آزمودنی‌ها توصیه شد از مصرف نوشیدنی‌های حاوی کافئین در ۲۴ ساعت قبل از انجام آزمون یا خون‌گیری خودداری نمایند. در ضمن به آزمودنی‌ها توصیه شد که در طی دوره تحقیق از تغییر نامتعارف در رژیم غذایی و مصرف مواد غذایی نامعمول و از مصرف غذاهای دارای محتوای نیترات بالا از قبیل چغندر قند و چغندر قرمز، کرفس، آرگولا، کاهو، اسفناج، شلغم، کاسنی[3]، جعفری، ریواس و کلم خودداری نمایند.

هر آزمودنی روزانه دوبار در طی زمان معینی از روز(شامل صبح و ظهر(که سه ساعت با وهله تمرین فاصله داشت)) مکمل آب کامل چغندر(تهیه به روش آبمیوه گیری) یا دارونما را در قالب دو سو کور در قالب یک بطری ۱۰۰ میلی لیتری شیشه ای تیره (شیشه شربت) حاوی یک میلی لیتر به ازای هر کیلوگرم وزن بدن آب چغندر، پنج سی سی آب لیموی طبیعی و الباقی شامل آب آشامیدنی دریافت کرد (مثلا بطری مربوط به یک فرد با وزن بدن ۷۰ کیلوگرم حاوی ۲۵ میلی لیتر آب آشامیدنی، ۷۰ میل لیتر آب چغندر و پنج میلی لیتر آب لیمو بود). دارونما از طریق حل کردن یک گرم پودر چغندر در هر لیتر آب آشامیدنی و افزودن آب لیمو به عنوان طعم دهنده تهیه شد تا طعم و رنگ مشابه با مکمل اصلی را داشته باشد. برای جلوگیری از دناتوره شدن ترکیب، به گروه‌های عصاره چغندر تاکید شد تا بطری‌های تحویل شده در هر هفته را به صورت منجمد در یخچال نگهداری کرده و تنها دو ساعت قبل از مصرف آن را در دمای معمولی نگه داری کنند تا آماده مصرف شود. چنین ترکیبی در یک فرد ۷۰ کیلوگرمی با مصرف ۱۴۰ میلی لیتر آب چغندر، تقریبا حاوی ۸۰۰ میلی‌گرم NO3 می‌باشد(۵). در ضمن آزمودنی‌ها در مورد اثرات جانبی احتمالی حاصل از آب چغندر از قبیل مشکلات نفخ روده و رنگ قرمز ادرار و مدفوع آگاه مطلع شدند تا زمینه ممانعت از بروز موارد وحشت و خودداری احتمالی از مصرف و ... فراهم شود. برای ایجاد زمینه بروز اطمینان از مصرف مکمل، در جلسه گروهی توجیهی اولیه و در هر هفته در قبل از تحویل شیشه‌ها به آزمودنی ها، از محتوای کلمن‌های حاوی مکمل یا دارونما توسط محقق و همه دستیاران وی یک لیوان کامل (به صورت دو سوکور از محتوای آنها) نوشیده می‌شد و بدین ترتیب در آزمودنی‌ها اطمینان از ایمن بودن نوشیدنی‌ها فراهم می‌شد. سپس دوز مربوط به هر آزمودنی بر حسب وزن بدن وی در شیشه‌های شربت شخصی انها پر شده و برای مصرف یک هفته (همراه با یک شیشیه اضافی) تحویل می‌گردید. در همه روزها نیز از طریق پیامک و تماس تصادفی، مصرف کامل دوز یادآوری شده و همچنین به طور منظم پیگیری انجام می‌شد. با این حال در صورت عدم تمایل به ادامه مشارکت در تحقیق، آزمودنی‌ها برای خروج از تحقیق در هر زمان بدون هیچ گونه محدودیتی کاملا آزاد بودند (۲۲).

نمونه‌های خونی سیاهرگ بازوئی(۵ سی سی) در قبل و بعد از مداخله، در داخل لوله‌های محتوی هپارین ریخته شده و برای تجزیه و تحلیل به آزمایشگاه فرستاده شد. مقدار لاکتات و pH به ترتیب به روش آنزیمی و اتوآنالایزر اندازه‌گیری شدند.

به دلیل نیمه عمر بسیار پایین NO در خون (چند ثانیه) و تبدیل سریع آن به نیتریت، برای اندازه‌گیری مقدار NO خون، همانند روش تحقیق زکی اوزکل و همکاران (۲۳) مقدار کل نیتریت خون توسط واکنش گریس مقدار جذب رنگ صورتی آزو[4] (حاصل از قرار گیری نیتریت در برابر محلول گریس[5]) به روش طیف سنجی نوری در طیف ۵۵۰ نانومتر با استفاده از کیت ZellBio GmbHساخت کشور آلمان با حساسیت یک میکرومولار در دامنه ۱۲/۱ تا ۱۵۵ میکرو مولار و CV درون سنجش ۴/۴ درصد تعیین شد. تمام نمونه‌ها دوبار سنجش شدند و میانگین به عنوان ملاک ثبت شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در بخش آمار استنباطی، طبیعی بودن توزیع داده‌ها به کمک آزمون شاپیرو ویلک ارزیابی شد. لازم به ذکر است که در این تحقیق از تعداد ۴۰ نفر در چهار گروه پلایومتریک (۱۰ نفر)، چغندر (۱۰ نفر)، پلایومتریک- چغندر (۱۰ نفر) و کنترل (دارونما) (۱۰ نفر) در طی دو سری(قبل و بعد از مداخله) و در هر سری سه مرحله (۱- شرایط پایه، ۲- دو دقیقه پس از پایان آزمون رست و ۳- پنج دقیقه پس از پایان آزمون رست) خون گیری انجام شد (مجموعا شش بار). بنابراین در بخش آزمون فرضیه‌ها، در مورد هر متغیر ابتدا از تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر مدل سری‌های زمانی(شامل دو سری زمانی سه مرحله ای) عاملی(شامل عامل‌های وضعیت تمرین، وضعیت مصرف مکمل و تعامل آنها) استفاده شد و ترتیبی اتخاذ شد تا در صورت مشاهده اثرات معنی‌دار عاملی یا تعاملی(شامل اثر سری، اثر سری× مکمل، اثر سری× تمرین، اثرسری × مکمل × تمرین، اثر زمان، اثر زمان× مکمل، اثر زمان× تمرین، اثر مکمل× زمان× تمرین، اثر سری×

1. chlorhexidine
2. xylitol
3. Endives
4. pink azo dye
5. Griess reagent

زمان، اثر سری× زمان× مکمل، اثرسری × زمان × تمرین و اثرسری × زمان × تمرین × مکمل)، در ادامه برای بررسی بیشتر، مقایسه درون‌گروهی داده‌ها در طول زمان با استفاده از تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر خطی (آزمون تعقیبی بونفرونی) انجام شود.

به علاوه، در صورت مشاهده اثرات معنی‌دار درون‌گروهی در طی فواصل زمانی متناظر (مثلا بین شرایط پایه تا دو دقیقه پس از ازمون در طی هر دو سری در یک گروه خاص)، مقدار تغییرات متناظر ایجاد شده در فواصل مورد نظر (دلتا)، مجددا با استفاده از آزمون تی همبسته مقایسه شدند.

همچنین، ترتیبی اتخاذ شد تا در صورت مشاهده اثرات معنی‌دار در بیش از یگ گروه در طی فواصل زمانی متناظر(مثلا بین شرایط پایه تا دو دقیقه در هر سه گروه پلایومتریک، چغندر و توأم)، مقدار تغییرات متناظر ایجاد شده در فواصل مورد نظر(دلتا)، با استفاده از آزمون ANOVA تک راهه (با آزمون تعقیبی توکی یا جیمز هاول بر حسب نتایج آزمون لون) مقایسه شوند.

در مورد بقیه متغیرهای دو تکراری ابتدا از تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر دو تکراری عاملی(شامل عامل‌های وضعیت تمرین، وضعیت مصرف مکمل و تعامل آنها) استفاده شد. در ادامه ترتیبی داده شد با در صورت مشاهده تاثیر معنی‌دار عاملی و یا تعاملی، برای بررسی بیشتر مقایسه درون گروهی داده‌ها در طول مداخله با استفاده از آزمون تی همبسته انجام شود. همچنین در صورت مشاهده اثر معنی دار درون گروهی در مورد بیش از یک گروه، ترتیبی اتخاذ شد تا در ادامه مقدار تغییرات ایجاد شده در این گروه‌ها در طول مداخله با استفاده از آزمون تحلیل واریانس تک راهه مقایسه شود. تمام تحلیل‌ها با نرم افزار spss نسخه ۱۹ و در سطح اطمینان آماری ۹۵ درصد انجام شد.

یافته‌ها

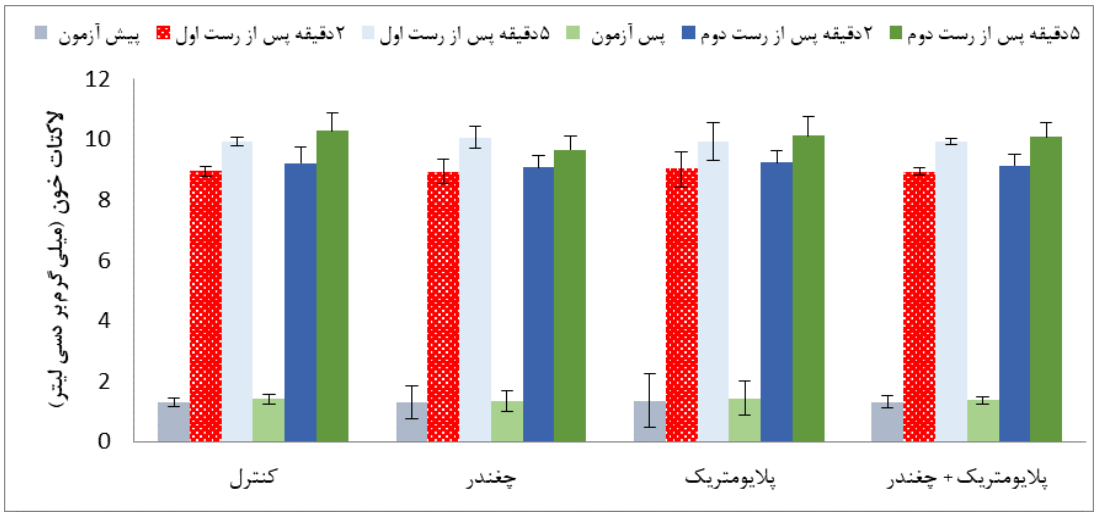
پایبندی به شرکت در تمرینات و مصرف مکمل به ترتیب ۱۰/۱۲ ± ۹۳/۶۲ و ۹/۴۷ ± ۹۵/۸۷ درصد بود.

لازم به ذکر است که در مورد هرسه متغیر خونی شامل لاکتات، PH و NO خون، به دلیل دارا بودن شش تکرار(شامل سه تکرار در سری قبل از مداخله و سه تکرار در سری بعد از مداخله) در چهار گروه، در صورت انعکاس اثرات معنی‌دار آماری مربوط به تمام تحلیل‌ها (وجود سری‌های زمانی و تکرارهای اندازه‌گیری در هر سری در بخش تحلیل درون گروهی و همچنین وجود اثرات عاملی و تعاملی در بخش تحلیل بین گروهی)، برای هر متغیر حدود پنج جدول (گاهاً با حجم بسیار مفصل) نیاز می‌باشد که با افزوده شدن تعداد سه جدول برای هر متغیر مربوط به شاخص‌های توان بی‌هوازی(شامل چهار گروه دو تکراری)، حجم بخش نتایج بسیار گسترده و خارج از حوصله و غیر مطابق با فرمت مجله خواهد شد و همچنین امکان تمرکز خواننده بر مطلب را سلب خواهد نمود. بنابراین برای رعایت اختصار در گزارش نویسی و ایجاد نظم منطقی برای فراهم سازی امکان درک منسجم از عملیات آماری، جزئیات تفصیلی تحلیل‌های آماری هر متغیر در قالب فایل تکمیلی به صورت هایپرلینک ارائه شده است. اما برای ایجاد درک صوری خواننده از مقدار تغییرات عددی هر متغیر در بین گروهها و در بین سری‌های زمانی، توصیف عددی یافته‌ها در قالب شکل‌های مربوطه ارائه شده است.

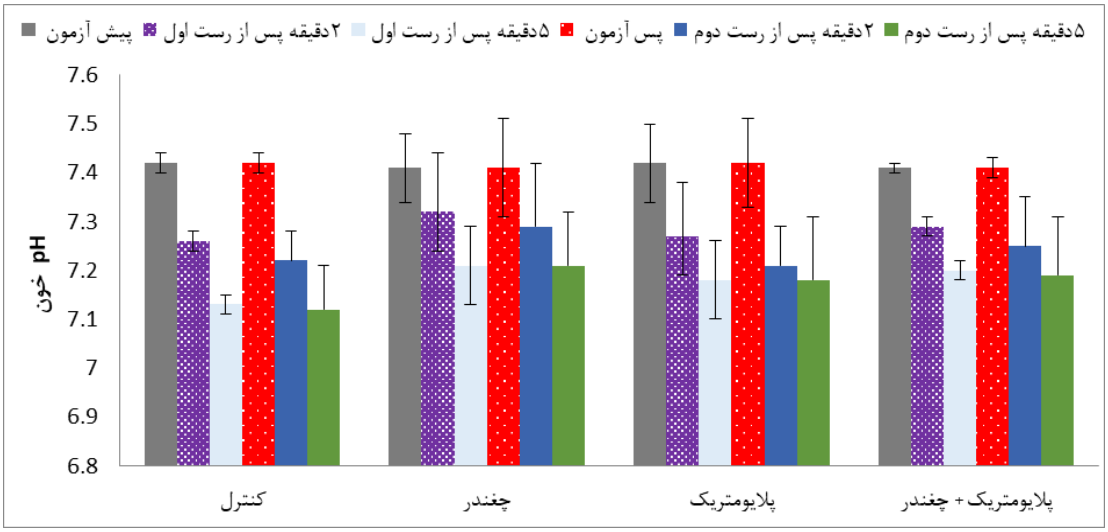
طبق تحلیل‌های آماری با اینکه در هر چهار گروه، در فواصل مختلف بین هر دو آزمون رست اول و دوم، مقدار لاکتات، PH و NO خون (شکل‌های ۱ تا ۳) تغییرات چشمگیر معنی داری داشت. اما از نظر مقدار تغییرات لاکتات و PH خون در خلال فواصل مختلف مورد اندازه گیری، تفاوت معنی دار بین گروهی مشاهده نشد (P>۰/۰۵). اما در مورد NO خون، بعد از دوره مداخله در خلال مراحل متعاقب آزمون رست مصرف عصاره چغندر در هر دو گروه چغندر و توأم، باعث تولید NO بیشتری نسبت به دوره قبل از مداخله همراه شد که باز در بین دو گروه مذکور تفاوتی مشاهده نشد.

اوج توان بی‌هوازی(شکل ۴) در طی دوره مداخله تنها در هر دو گروه مصرف کننده عصاره چغندر افزایش یافت که مقدار افزایش‌ها مشابه بود. حداقل توان بی‌هوازی(شکل ۵) فقط در گروه‌های تحت تمرین پلایومتریک (گروه‌های تمرین و توأم) در طی دوره مداخله افزایش معنی داری یافت، اما در گروه چغندر مقدار تغییرات به حد معنی داری نرسید. اما میانگین توان بی‌هوازی (شکل ۶) در هر سه گروه در طی دوره مداخله افزایش یافت که از نظر مقدار تغییرات، هیچ یک از گروه‌ها مزیتی نسبت به همدیگر نداشتند.

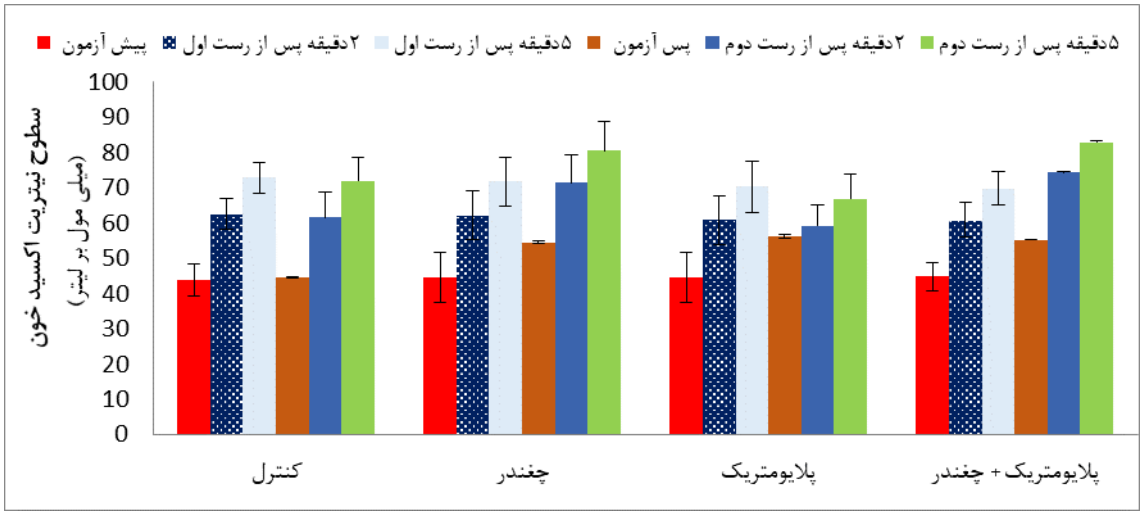
همچنین مقدار درک فشار مربوط به آزمون رست (شکل ۷) در دو گروه چغندر و توأم در طی دوره مداخله کاهش یافت که مقدار کاهش، در گروه توأم شدت بیشتری داشت (شکل ۵). مجددا قابل ذکر است که به دلیل گستردگی بیش از حد عملیات آماری و عدم امکان جلوه دادن نتایج تحلیل‌ها در شکل‌های زیر (به علت شلوغی زیاد)، برای دسترسی به جزئیات بیشتر تحلیل‌های آماری لطفا به این لینک مراجعه شود.



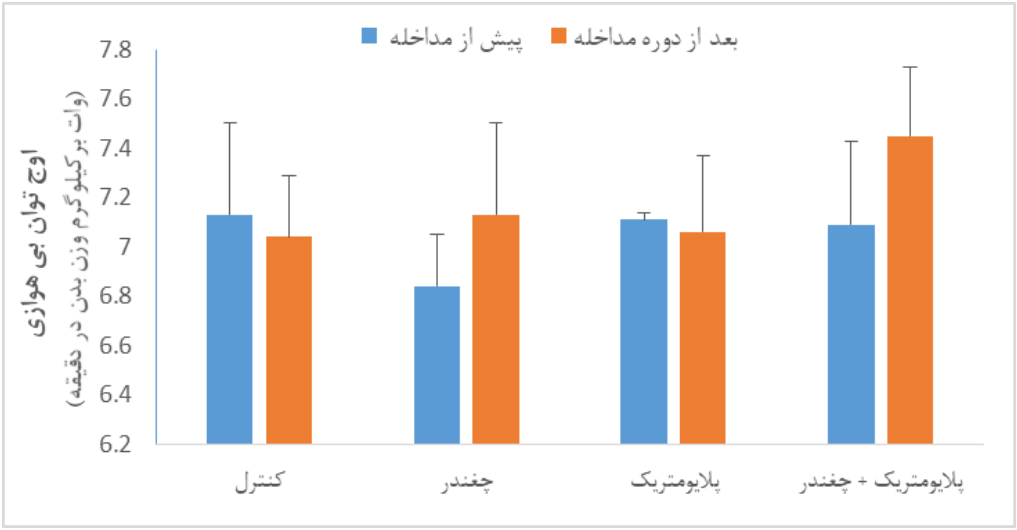
شکل ۱: لاکتات خون گروه‌ها در طول مداخله



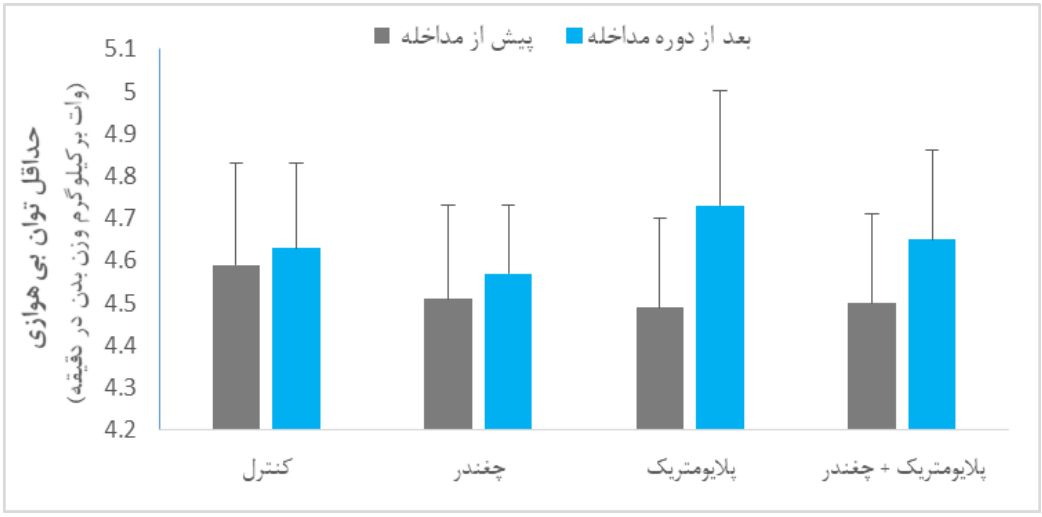
شکل ۲: pH خون گروه‌ها در طول مداخله.



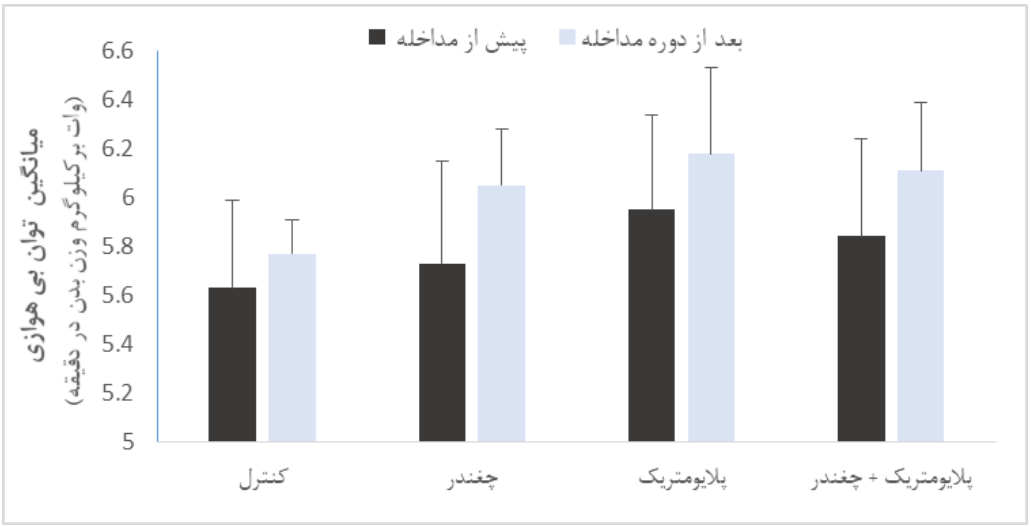
شکل ۳: NO خون گروه‌ها در طول مداخله



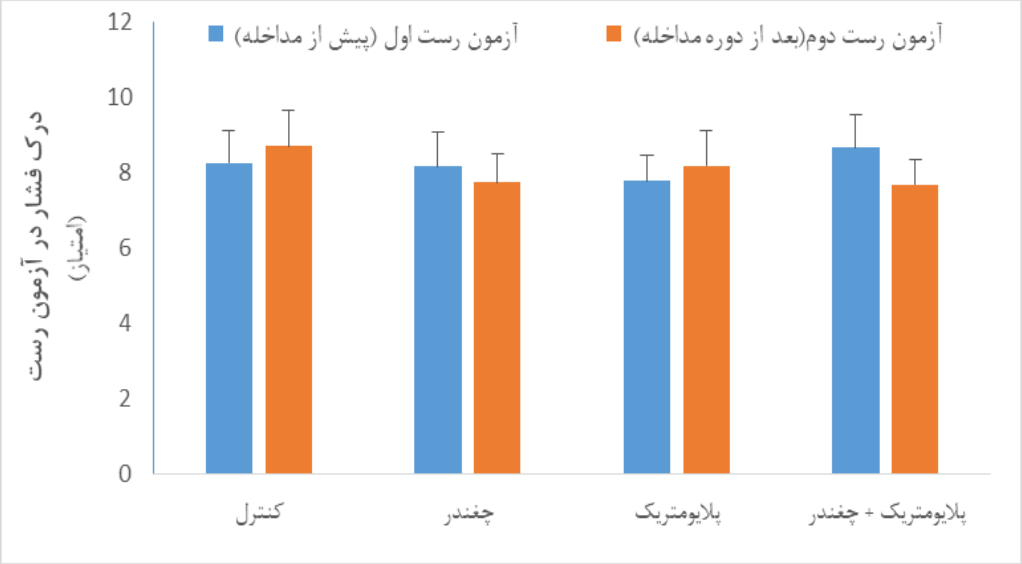
شکل ٤: اوج توان بی‌هوازی گروه‌ها در طی دوره مداخله



شکل ٥: حداقل توان بی‌هوازی گروه‌ها در طی دوره مداخله



شکل ٦: میانگین توان بی‌هوازی گروه‌ها در طی دوره مداخله.



شکل ۷: میانگین درک فشار مربوط به آزمون رست در طی دوره مداخله

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر با هدف بررسی تاثیر توأم تمرینات پلایومتریک و عصاره چغندر بر توان بی‌هوازی و سطوح نیتریک اکسید، لاکتات و PH خون به دنبال فعالیت بی‌هوازی شدید در بازیکنان فوتبال انجام شد. یافته‌ها نشان داد که تمرینات پلایومتریک سبب بهبود حداقل توان بی‌هوازی بازیکنان فوتبال شدند و اگرچه که در گروه چغندر نیز روند افزایشی مشاهده شد، اما این افزایش در حد معنی دار نبود. همچنین نتایج حاکی از این بود که افزودن عصاره چغندر و تمرین پلایومتریک به رژیم تمرینی معمول فوتبال، از لحاظ مقدار پاسخ لاکتات، pH خون هیچ گونه تاثیر اضافی ایجاد نمی‌کند و تمام تغییرات معنی‌دار مشاهده شده در بین مراحل مختلف مورد اندازه‌گیری فقط به ماهیت انجام آزمون رست با شدت حداکثر و اتکای آن به سیستم بی‌هوازی قابل استناد هستند. این یافته بر خلاف برخی از شواهد موجود (۲۴-۲۸) در این زمینه است که معمولا به اثرات مفید عصاره چغندر و تمرین پلایومتریک بر لاکتات و pH خون در جمعیت‌های مختلف اشاره کرده‌اند. از دلایل اختلاف نتایج می‌توان به این موضوع اشاره کرد که تاثیر مداخلات مربوطه ممکن است تحت تاثیر آمادگی بالای بازیکنان مورد بررسی در این تحقیق قرار گرفته باشد که احتمالا به دلیل واقع بودن در وضعیت آمادگی مناسب و نزدیک به فلات، شاید عملاً امکان توسعه بیشتر ظرفیت تولید لاکتات و تغییرات pH در آنها محدود بوده است. بااینحال، هنوز در این زمینه نیاز به بررسی‌های بیشتر باقی است.

اما در تحقیقات مشابه گذشته مشاهده است که استفاده از مکمل عصاره چغندر سبب شده است به دنبال یک آزمون بی‌هوازی (وینگیت) مقدار لاکتات بیشتری نسبت به دارونما از عضلات به خون منتشر شود (۲۸). در این راستا باید اشاره شود که در حین آزمون رست همانند وینگیت، اعصاب حرکتی نوع II فراخوانی می‌شوند که دارای متابولیسم گلیکولیتیک بالایی هستند. بنابراین مقدار لاکتات خون در زمان بلافاصله پس از آزمون خیلی کمتر از مقادیر درون عضلانی است و حدود چندین دقیقه زمان لازم است تا تعادل ایجاد شود (۱۹, ۲۹-۳۲) که در این تحقیق نیز رویداد مشابهی اتفاق افتاد. بنابراین ممکن است که افزایش جریان خون به تارهای عضلانی نوع II به دنبال مصرف عصاره چغندر (چون علاوه بر مصرف طولانی مدت، در این تحقیق در هر جلسه مصرف عصاره چغندر تقریبا سه ساعت قبل از فعالیت ورزشی اتفاق می‌افتاد) به حمل بیشتر لاکتات از موضع عضلات فعال به خون محیطی و در نتیجه افزایش بیشتر لاکتات خون منجر شود که البته در تحقیق حاضر چنین فرضیه ای تأیید نشد (۳۳).

یکی دیگر از یافته‌های این تحقیق آن بود که در گروه توأم با وجود بهبود توان اوج، نسبت به قبل از دوره مداخله لاکتات تولیدی و pH خون به ترتیب دچار افزایش و کاهش بیشتری نشد. این مشاهده غیرملموس در نتایج ما، می‌تواند بر اثر ارگوژنیک و به تعویق انداخته شدن احتمال خستگی در گروه توأم در اثر مصرف عصاره چغندر اشاره کند. اگرچه اندازه‌گیری خاصی از متغیرهای مکانیسم‌های احتمالی بررسی نشد، اما با در نظر گرفتن نتایج NO خون، مشخص می‌شود که استفاده منظم از عصاره چغندر در هر دو گروه منجر به تولید NO بیشتری در دوره پس از مداخله (آزمون رست دوم) در مقایسه با دوره قبل از مداخله شده است. بنابراین احتمال خون رسانی بیشتر موضعی و تدارک

اکسیژن بیشتر و یا حداقل تدارک عوامل تامپونی بیشتر به عضلات جهت کاهش اتکا به منابع بی‌هوازی و یا از تغییرات pH مطرح است. بااینحال، هیچ یک از متغیرهای مذکور در این تحقیق اندازه‌گیری نشده‌اند که نیاز به بررسی‌های بیشتر در این زمینه برای شفاف سازی دقیق مکانیسم‌ها را مطرح می‌کند.

در سایر یافته‌های این تحقیق، مصرف عصاره چغندر (در هر دو گروه چغندر و توأم) در هر دو مرحله خون گیری متعاقب آزمون رست (دو دقیقه و پنج دقیقه)، سبب تولید NO بیشتری نسبت به دوره قبل از مداخله(قبل از دوره مصرف عصاره چغندر) شد و همچنین مقدار فشار درک شده ناشی از آزمون رست را کاهش داد که البته مقدار کاهش درک فشار در گروه توأم، شدت بیشتری داشت.

به نظر می‌رسد افزودن عصاره چغندر به برنامه تمرین معمول فوتبال در بازیکنان فوتبال، با اثرات ارگوژنیکی قابل ملاحظه‌ای از جمله بهبود اوج توان بی‌هوازی (عمدتاً مرتبط با توان انفجاری بدون اسیدلاکتیک) و میانگین توان بی‌هوازی همراه است. ولی اصولاً اثرات ارگوژنیک مکمل‌های غنی از نیترات که عموماً در قالب عصاره چغندر مصرف می‌شوند، به تبدیل متعاقب آن به نیتریت و در نهایت افزایش NO خون به طور مستقل از سطح اکسیژن خون ربط داده شده است. بنابراین افزایش گشاد شدن عروق و بهبود جریان خون عضلات (۳۴)، پاسخ‌های متابولیک (۳۵) و افزایش نیروی انقباضی آنها (۳۶) در اثر مصرف عصاره چغندر غنی از نیترات می‌توانند اثرات ارگوژنیک آن را توجیه کنند. به علاوه، تارهای عضلانی نوع II در حین انقباضات عضلانی، هیپوکسیک تر و اسیدی‌تر از تارهای نوع I هستند و تنها در شدت‌های کاری بالا به کار گرفته می‌شوند. بنابراین احتمال اثرگذاری مکمل‌های غنی از نیترات مانند عصاره چغندر بر آنها احتمالا دوام زیادی نخواهد داشت (۳۷).

بنابراین به نظر می‌رسد که در بازیکنان نخبه فوتبال، احتمالا عصاره چغندر می‌تواند با ترشح بیشتر NO به خون و کاهش درک فشار فعالیت و حفظ انگیزه و جلوگیری از خستگی ادراکی، بسیار کمک کننده باشد. البته اثرات مصرف عصاره چغندر بر بهبود درک فشار فعالیت در سایر تحقیقات نیز گزارش شده است (۳۷, ۳۸).

یک مکانیسم احتمالی دیگر برای بهبود RPE ناشی از مصرف عصاره چغندر برای ورزشکاران در خلال جلسات تمرین، افزایش جریان خون به لوب پیشانی مغز می‌باشد (۳۹) که در کنترل عواطف و احساسات و تصمیم گیری و کنترل حرکتی نقش دارد که همه این موارد هم در احساس یکپارچه ذهنی نسبت به تلاش انجام شده دخیل هستند (۳۷). به علاوه، کاهش جریان خون مغز در حین ورزش در آغاز خستگی دخالت دارد (۴۰) و بنابراین افزایش جریان خون مغز در اثر سازگاری‌های حاصل از تمرین و به ویژه در اثر مصرف عصاره چغندر می‌تواند در حس کمتر RPE و بهبود اجرا دخیل بوده باشد.

البته در راستای افزایش احتمالی جریان خون مغزی، کاهش مولفه ی عضلانی RPE (که احتمال می‌رود در تحقیق حاضر نیز روی داده باشد) می‌تواند به فشار متابولیکی کمتر و کاهش متعاقب در بازخورد آوران‌های حسی عضلانی نوع III/IV هم ربط داده شده است (۳۵). ولی چون هیچ یک از متغیرهای مذکور در فوق در این تحقیق اندازه‌گیری نشده‌اند، هنوز برای شفاف سازی دقیق مکانیسم‌های ناشی از مصرف عصاره چغندر بر کاهش RPE و به ویژه مولفه ی عضلانی RPE و اهمیت ناشی از آن در اثرات ارگوژنیک حاصله، هنوز نیاز به بررسی‌های بیشتر باقی است. به علاوه، عدم اطمینان از مقدار جذب و سرنوشت عصاره چغندر در خون، عدم اندازه‌گیری مقدار ذخایر تامپونی و تاثیر آنها بر pH خون، عدم بررسی پاسخ بر حسب انواع تارهای عضلانی، عدم کنترل تاثیر سایر ترکیبات حاوی نیترات در رژیم غذایی، عدم تعیین خلوص، تازگی و در کل ترکیبات عصاره چغندر (۴۱)، عدم توجه به نیمه عمر NO در حین نمونه گیری از خون و عدم توجه به شیفت پلاسما در خلال خون گیری‌ها (۴۲) از سایر محدودیت‌های تحقیق بودند که توجه آنها در تحقیقات آینده ضروری به نظر می‌رسد.

به طور کلی نتایج مطالعه حاضر نشان داد که شش هفته تمرینات پلایومتریک و مصرف مکمل عصاره چغندر سبب بهبود مقدار فشار درک شده، افزایش شاخص‌های توان بی‌هوازی و NO خون شد. بنابراین، پیشنهاد می‌گردد بازیکنان فوتبال زیر نظر مربی و متخصص تغذیه از تمرینات پلایومتریک و مصرف مکمل عصاره چغندر بهره ببرد. علاوه براین، تنها تمرینات پلایومتریک سبب بهبود حداقل توان شد و مصرف عصاره چغندر از این لحاظ کارایی نداشت. بنابراین برای ارتقای قابلیت اجرای وهله‌های بی‌هوازی گلیکولیتیک و به ویژه در وهله‌های نیازمند بالای ۳۰ ثانیه فعالیت با شدت حداکثر (معمول در فوتبال)، استفاده از تمرینات پلایومتریک پیشنهاد می‌شود.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر نتایج پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان می‌باشد. نویسندگان از کلیه شرکت کنندگان در این پژوهش قدردانی می‌کنند.

تعارض منافع: نویسندگان مقاله هیچگونه تعارض منافعی ذکر نکردند.

منابع

[1] Sedighian Rad M, Mehrabani J. Short-term effect of caffeine and beetroot juice supplementation on antioxidative variables and performance in endurance athletes. Journal of Applied Exercise Physiology. 2021;17(34):31-45.

[2] NooriNoori D, Ghadimi B, Aslankhani MA, Ali Pourdarvish Z. Football Diplomacy. Strategic Studies on Youth and Sports. 2019;18(45):185-204.

[3] Popov D, Missina S, Lemesheva YS, Lyubaeva E, Borovik A, Vinogradova O. Final blood lactate concentration after incremental test and aerobic performance. Human physiology. 2010;36:335-41.

[4] Abbasi A, Kazemzadeh Y, Mohammadnezad Y. Comparison of the Response of Perceived Exertion, Blood Lactate, VO2 max and Maximum Heart Rate during a Match in Elite Soccer and Futsal Players.

[5] Miri H, HEIDARI MR, EBRAHIM K, Ahanjan S, Mahdiloo M, Ghasemalipur H. Comparison of the selected physiological and functional variables of the National team players of the grassy and beach soccer. 2013.

[6] Kons RL, Orssatto LB, Ache-Dias J, De Pauw K, Meeusen R, Trajano GS, et al. Effects of Plyometric Training on Physical Performance: An Umbrella Review. Sports medicine-open. 2023;9(1):4.

[7] Ramírez-Campillo R, Andrade DC, Álvarez C, Henríquez-Olguín C, Martínez C, Báez-SanMartín E, et al. The effects of interset rest on adaptation to 7 weeks of explosive training in young soccer players. Journal of sports science & medicine. 2014;13(2):287.

[8] Ramirez-Campillo R, Moran J, Chaabene H, Granacher U, Behm DG, García-Hermoso A, et al. Methodological characteristics and future directions for plyometric jump training research: A scoping review update. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. 2020;30(6):983-97.

[9] Fijan A, Daryanoosh F, Kooroshfard N, Hosseininezhad F, Foroozan N, Mehrez A. The effect of creatine and sodium bicarbonate supplementation on anaerobic performance, fatigue index and futsal specific performance test in elite futsal players in pre-season training. Research in Exercise Nutrition. 2022;1(2):43-52.

[10] Murphy M, Eliot K, Heuertz RM, Weiss E. Whole beetroot consumption acutely improves running performance. Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics. 2012;112(4):548-52.

[11] López-Samanes Á, Pérez-López A, Moreno-Pérez V, Nakamura FY, Acebes-Sánchez J, Quintana-Milla I, et al. Effects of beetroot juice ingestion on physical performance in highly competitive tennis players. Nutrients. 2020;12(2):584.

[12] Ferguson SK, Hirai DM, Copp SW, Holdsworth CT, Allen JD, Jones AM, et al. Dose dependent effects of nitrate supplementation on cardiovascular control and microvascular oxygenation dynamics in healthy rats. Nitric Oxide. 2014;39:51-8.

[13] Ferguson SK, Hirai DM, Copp SW, Holdsworth CT, Allen JD, Jones AM, et al. Impact of dietary nitrate supplementation via beetroot juice on exercising muscle vascular control in rats. The Journal of physiology. 2013;591(2):547-57.

[14] Whitfield J, Gamu D, Heigenhauser GJ, Van Loon LJ, Spriet LL, Tupling AR, et al. Beetroot juice increases human muscle force without changing Ca2+-handling proteins. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2017;49(10):2016-24.

[15] Peeling P, Cox GR, Bullock N, Burke LM. Beetroot juice improves on-water 500 m time-trial performance, and laboratory-based paddling economy in national and international-level kayak athletes. International journal of sport nutrition and exercise metabolism. 2015;25(3):278-84.

[16] 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 of inflammation. 2014;2014.

[17] Jädert C, Petersson J, Massena S, Ahl D, Grapensparr L, Holm L, et al. Decreased leukocyte recruitment by inorganic nitrate and nitrite in microvascular inflammation and NSAID-induced intestinal injury. Free Radical Biology and Medicine. 2012;52(3):683-92.

[18] Hemmatinafar M, Mosallanezhad Z, Abdollahei MH, Yazdani H, Samsami Pour A, Kooroshfard N, et al. Beetroot Juice Supplementation Improves Fatigue, Aerobic, Anaerobic Performance and Nitrite concentration In College Soccer Players. Razi Journal of Medical Sciences. 2021;28(2):81-92.

[19] Davies G, Riemann BL, Manske R. Current concepts of plyometric exercise.

in male athletes. Facta Universitatis: Series Physical Education. 2007;5(2):1-18.
[30] Rohani H, Azali-Alamdari KJJoAEP. Effect of aerobic training on blood pressure in hypertensive patients: A meta-analysis study. 2019;15(30):77-102. [In Persian].
[31] Jahangiri MT, Fakhrpour R, Azali Alamdari K. Impact of Cycling Versus Sitting in Hot water and land on serum CXCL1 and IL-6 and insulin resistance in males with Metabolic Syndrome %J Journal of Sport Biosciences. 2021;13(4):407-25. [In Persian].
[32] Nasiri S, Zarshanshan A, Azali Alamdari K. Metabolic responses following aquatic vs. land exercise in trained diabetic postmenopausal women: the role of ANP and Epinephrine %J Journal of Sport and Exercise Physiology. 2022;15(1):107-17. [In Persian].
[33] Esbjornsson-Liljedahl M, Sundberg CJ, Norman B, Jansson EJJoAP. Metabolic response in type I and type II muscle fibers during a 30-s cycle sprint in men and women. 1999;87(4):1326-32.
[34] Ferguson SK, Holdsworth CT, Wright JL, Fees AJ, Allen JD, Jones AM, et al. Microvascular oxygen pressures in muscles comprised of different fiber types: Impact of dietary nitrate supplementation. 2015;48:38-43.
[35] Bailey SJ, Fulford J, Vanhatalo A, Winyard PG, Blackwell JR, DiMenna FJ, et al. Dietary nitrate supplementation enhances muscle contractile efficiency during knee-extensor exercise in humans. 2010;109(1):135-48.
[36] Haider G, Folland JPJM, sports si, exercise. Nitrate supplementation enhances the contractile properties of human skeletal muscle. 2014;46(12):2234-43.
[37] Jodra P, Domínguez R, Sánchez-Oliver AJ, Veiga-Herreros P, Bailey SJJIjosp, performance. Effect of beetroot juice supplementation on mood, perceived exertion, and performance during a 30-second Wingate test. 2020;15(2):243-8.
[38] Forbes SPA, Spriet LL. Potential effect of beetroot juice supplementation on exercise economy in well-trained females. Applied physiology, nutrition, and metabolism Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme. 2021:1-4.
[39] Presley TD, Morgan AR, Bechtold E, Clodfelter W, Dove RW, Jennings JM, et al. Acute effect of a high nitrate diet on brain perfusion in older adults. 2011;24(1):34-42.
International journal of sports physical therapy. 2015;10(6):760.
[20] de Villarreal ES, Suarez-Arrones L, Requena B, Haff GG, Ferrete C. Effects of plyometric and sprint training on physical and technical skill performance in adolescent soccer players. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2015;29(7):1894-903.
[21] 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.
[22] Ozkol MZ, Turgay F, Varol SR, Ozcaldiran B, Vural F, Aksit T, et al. The effects of chronic aerobic and anaerobic exercise on blood nitric oxide levels. 2012;32(6):1607-17.
[23] Nyberg M, Christensen PM, Blackwell JR, Hostrup M, Jones AM, Bangsbo JJTJoP. Nitrate-rich beetroot juice ingestion reduces skeletal muscle O2 uptake and blood flow during exercise in sedentary men. 2021;599(23):5203-14.
[24] Burleigh MC, Sculthorpe N, Henriquez FL, Easton CJPO. Nitrate-rich beetroot juice offsets salivary acidity following carbohydrate ingestion before and after endurance exercise in healthy male runners. 2020;15(12):e0243755.
[25] Wylie LJ, Bailey SJ, Kelly J, Blackwell JR, Vanhatalo A, Jones AMJEjoap. Influence of beetroot juice supplementation on intermittent exercise performance. 2016;116:415-25.
[26] 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. 2018;15(1):2.
[27] 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).
[28] Mosher SL, Sparks SA, Williams EL, Bentley DJ, Mc Naughton LR. Ingestion of a Nitric Oxide Enhancing Supplement Improves Resistance Exercise Performance. Journal of strength and conditioning research. 2016;30(12):3520-4.
[29] Azali Alamdari K, Kordi M, Choobineh S, Abbasi A. acute effects of two energy drinks on anaerobic power and blood lactate levels

professional endurance runners %J Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology. 2022;9(1):61-71. [In Persian].

[42] Sadatjannati M, Zarneshan A, Fakhrpour R. The Creatine Kinase, Estrogen and Progesterone Responses to a Single Bout of High-intensity Interval Training in Inactive Young Women. J Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology. 2022;9(2):12-22. [In Persian].

[40] Rooks CR, Thom NJ, McCully KK, Dishman RKJPin. Effects of incremental exercise on cerebral oxygenation measured by near-infrared spectroscopy: a systematic review. 2010;92(2):134-50.

[41] Azizi Saadatloo M, Abdi A, Mehrabani J, Abbassi Daloii A. Short-term effect of two caffeine-beetroot supplementation rate on TNF-α, GDF15 and E-SELECTIN following a course of aerobic activity in