

Original Article

Effect of short-term beetroot juice supplementation on salivary 8-oxo-dG and performance in male adolescent taekwondo athletesMeraj Mirzaei[✉], Seyed Morteza Tayebi^{*}, Minoo Bassami[✉]

Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sports Science, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

Abstract

Background and Purpose: Taekwondo is a high-intensity Olympic sport in which aerobic fitness, anaerobic capacity, and agility are all essential for success. High-intensity exercise leads to the production of reactive oxygen species (ROS) and oxidative stress. Oxidative stress can result in reduced muscle performance, impaired athletic function, and muscle fatigue, particularly in adolescents. This is because young individuals have a less developed and lower antioxidant capacity compared to middle-aged and even older individuals. Consuming antioxidants derived from natural fruits is proposed as a more effective and safer nutritional strategy to counteract the harmful effects of oxidative stress. Beetroot juice, in particular, has significantly higher antioxidant capacity compared to other vegetables and fruits. The present study aimed to investigate the short-term supplementation effects of beetroot juice on salivary 8-oxo-dG levels as an antioxidant and performance in adolescent taekwondo athletes.

Materials and Methods: Forty adolescent taekwondo athletes were randomly divided into 4 groups (n=10): TAAA (Taekwondo-specific-aerobic-anaerobic-agility) + Supplement (TS), TAAA, Supplement (Sp) and Placebo (PI). The taekwondo athletes consumed 2 servings of 100 ml of the beetroot juice supplement or placebo for 7 days. The TAAA test was performed 72 hours before beginning of supplementation, 12 hours after the last serving of supplementation, 90 min after 2nd test, and 24 hours after the 3rd test. Saliva sampling was performed 72 hours after 1st TAAA test and before beginning of supplementation, 12 hours after the last serving of supplementation, immediately after 2nd TAAA test, 90 min after 2nd test and before the 3rd test, 24 hours after the 3rd test and before 4th test. Repeated measures analysis of variance (ANOVA) was used for data analyses at a significance level of $p < 0.05$.

Results: The data analyses of 8-oxo-dG, aerobic power, anaerobic power, and agility showed a significant difference in the second, third, and fourth stages compared to the baseline ($p < 0.05$). According to the repeated measures of ANOVA, there was a significant difference between the changes of 8-oxo-dG, aerobic and anaerobic power, and agility in different groups ($p < 0.05$).

Conclusion: It appears that consuming beetroot juice supplementation for 7 days (200 ml per day) can reduce oxidative stress in adolescent male taekwondo athletes and improve their aerobic, anaerobic, and

* Corresponding Author's E-mail: Tayebism@atu.ac.ir

<https://doi.org/10.48308/joeppa.2025.237905.1319>

Received: 10/12/2024

Revised: 28/01/2025

Accepted: 31/01/2025



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

agility performance. Beetroot juice can be used to mitigate the harmful effects of oxidative stress caused by intense physical activities. Beetroot juice, being a low-calorie, cost-effective, accessible, and highly beneficial drink, can be consumed by taekwondo athletes a week before competitions to enhance performance.

Keywords: TAAA test, Nitrate Supplement, Oxidative stress

How to cite this article: Mirzaei M, Tayebi SM, Bassami M. Effect of short-term beetroot juice supplementation on salivary 8-oxo-dG and performance in male adolescent taekwondo athletes. J Sport Exerc Physiol. 2025;18(2):30-48.

اثر مکمل دهی کوتاه‌مدت آب چغندر بر 8-oxo-dG بزاقی و عملکرد تکواندوکاران نوجوان پسر

معراج میرزائی^۱، سید مرتضی طبیبی^{۲*}، مینو باسامی^۳

گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: تکواندو یک ورزش المپیکی پرشدت است که هر سه عامل آمادگی هوازی، بی‌هوازی و چابکی برای موفقیت در این رشته ضروری است. ورزش پرشدت سبب تولید گونه‌های واکنشی اکسیژن (ROS) و فشار اکسایشی می‌شود. فشار اکسایشی می‌تواند به کاهش عملکرد ماهیچه‌ای، اختلال در عملکرد ورزشی و خستگی ماهیچه‌ای به‌ویژه در نوجوانان منجر شود، زیرا افراد جوان نسبت به افراد میانسال و حتی مسن ظرفیت ضد اکسایشی کمتر و نابالغ‌تری دارند. دریافت ضد اکسایشی‌های مشتق از میوه‌های طبیعی به‌عنوان راهبرد تغذیه‌ای مؤثرتر و ایمن‌تر برای جلوگیری از آثار مخرب فشار اکسایشی پیشنهاد می‌شود. ظرفیت ضد اکسایشی آب چغندر به‌طور چشمگیری بالاتر از سایر سبزیجات و میوه‌هاست. هدف پژوهش حاضر بررسی اثر مکمل یاری کوتاه‌مدت آب چغندر بر 8-oxo-dG بزاقی به‌عنوان ضد اکسایشی و عملکرد در تکواندوکاران نوجوان بود.

مواد و روش‌ها: ۴۰ تکواندوکار نوجوان پسر به‌طور تصادفی به چهار گروه آزمون تکواندو + مکمل (۱۰ نفر)، آزمون تکواندو (۱۰ نفر)، مکمل (۱۰ نفر) و دارونما (۱۰ نفر) تقسیم شدند. ورزشکاران دو وعده ۱۰۰ میلی‌لیتری مکمل آب چغندر یا دارونما را به مدت هفت روز دریافت کردند. آزمون TAAA (Taekwondo-specific aerobic-anaerobic-agility) ۷۲ ساعت پیش از دریافت مکمل، ۱۲ ساعت پس از آخرین وعده مکمل، ۹۰ دقیقه پس از آزمون دوم و ۲۴ ساعت پس از آزمون سوم انجام شد. نمونه‌برداری بزاق ۷۲ ساعت پس از نخستین آزمون TAAA و پیش از آغاز مکمل، ۱۲ ساعت پس از آخرین وعده مکمل، بلافاصله پس از آزمون TAAA دوم، ۹۰ دقیقه پس از آزمون دوم و پیش از آزمون سوم، ۲۴ ساعت پس از آزمون سوم و پیش از آزمون چهارم انجام گرفت. از تحلیل واریانس مکرر برای مقایسه‌های آماری داده‌ها در سطح معناداری $P < 0.05$ استفاده شد.

نتایج: تحلیل آماری داده‌های 8-oxo-dG، توان هوازی، بی‌هوازی و چابکی تفاوت معناداری را در مراحل دوم، سوم و چهارم به نسبت حالت پایه نشان داد ($p < 0.05$). براساس تحلیل واریانس مکرر تفاوت معناداری بین تغییرات 8-oxo-dG، توان هوازی، بی‌هوازی و چابکی در گروه‌های مختلف وجود داشته است ($p < 0.05$).

نتیجه‌گیری: به‌نظر می‌رسد طبق نتایج ما مصرف هفت روز مکمل آب چغندر (۲۰۰ میلی‌لیتر در روز) می‌تواند فشار اکسایشی را در نوجوانان پسر تکواندوکار کاهش دهد و سبب بهبود عملکرد هوازی، بی‌هوازی و چابکی آنها شود. آب چغندر به‌عنوان یک نوشیدنی کم‌کالری، کم‌هزینه، در دسترس و بسیار سودمند می‌تواند توسط ورزشکاران تکواندو و ورزش‌هایی که از نظر فیزیولوژیایی به مانند تکواندو هستند، به‌صورت محتاطانه یک هفته پیش از مسابقات برای افزایش عملکرد دریافت شود. از این‌رو تعمیم به سایر رشته‌ها نیازمند پژوهش‌های دیگر خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: آزمون TAAA، مکمل نیترات، فشار اکسایشی

* رایانامه نویسنده مسئول: Tayebism@atu.ac.ir

نحوه استناد به این مقاله: میرزائی م، طیبی س م، باسامی م. اثر مکمل دهی کوتاه مدت آب چغندر بر ۸-oxo-dG بزاقي و عملکرد تکواندوکاران نوجوان پسر. نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی. ۱۴۰۴؛ ۱۸(۲): ۳۰-۴۸.

مقدمه

تکواندو (Taekwondo) یک ورزش پرشدت المپیکی است. تکواندوکاران به توانایی‌های بی‌هوازی و هوازی بالا نیاز دارند تا بتوانند به‌طور مؤثر نیازهای سوخت‌وسازی را در طول مسابقات مدیریت کنند. افزون بر این، چابکی عامل مهم دیگری برای دستیابی به موفقیت و عملکرد بالا در این رشته ورزشی است (۱).

بسیاری از یافته‌ها تأیید کرده‌اند که ورزش با شدت بالا سبب افزایش فشار اکسایشی (Oxidative stress) در انسان می‌شود (۲). فشار اکسایشی به‌عنوان افزایش حد نسبی گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) در مقایسه با ضداکساینده‌ها تعریف می‌شود (۳). نشان داده شده است که گونه‌های فعال اکسیژن و فشار اکسایشی سبب اختلال و کاهش در عملکرد ورزشکاران، و خستگی زودرس می‌شود (۴). با این همه، افراد جوان (زیر ۳۵ سال) نسبت به افراد میانسال (۳۶ تا ۶۰ سال) و حتی مسن (۶۰ تا ۹۰ سال) ظرفیت ضداکسایشی کمتر و نابالغ‌تری دارند. علت این پدیده به‌خوبی روشن نیست. جوانان و به‌ویژه دانش‌آموزان و دانشجویان تحت فشارهای زیستی و عاطفی قرار دارند. این موضوع شاید به سطوح بالای کورتیزول منجر شود، که می‌تواند دلیلی برای کاهش ضداکساینده‌ها باشد. این مسئله سبب می‌شود ورزشکاران نوجوان نسبت به سنین بالاتر بیشتر در معرض معایب ناشی از فشار اکسایشی قرار گیرند (۵).

یکی از اصلاحات گوانین که به‌طور معمول بررسی شده، 8-oxo-dG (8-oxo-7,8-dihydro-2'-deoxyguanosine) است که به‌عنوان یک نشانگر زیستی غیرتهاجمی برای فشار اکسایشی استفاده شده است، زیرا در مایعات خارج‌سلولی (ادرار، خون و بزاق) یافت می‌شود. نشان داده شده است که منشأ 8-oxo-dG خارج‌سلولی حوضچه نوکلئوتیدی است که در آن ROS با مولکول‌های dGTP واکنش نشان می‌دهد (۶). 8-oxo-dG شکل اکسیدشده 8-OhdG (8-hydroxy-)

2'-deoxyguanosine) و از مهم‌ترین شاخص‌های فشار اکسایشی و متداول‌ترین شاخص اندازه‌گیری آسیب DNA است (۷).

همان‌گونه که پیش از این اشاره شد، دفاع ضداکسایشی پایین‌تر آثار مخرب فشار اکسایشی را افزایش می‌دهد. یکی از راه‌های مقابله با فشار اکسایشی و افزایش دفاع ضداکسایشی، دریافت مکمل‌های ضداکسایشی است (۸). ضداکساینده مولکولی است که توانایی جلوگیری یا کند کردن اکسایش ماکرومولکول‌ها را دارد (۹). ضداکساینده‌ها چند سازوکار دفاعی دارند شامل ۱. مسدود کردن تولید بنیان‌های آزاد، ۲. حذف اکساینده‌ها، ۳. تبدیل بنیان‌های آزاد سمی به مواد کمتر سمی، ۴. مسدود کردن تولید متابولیت‌های سمی ثانویه و میانجی‌های التهاب، ۵. مسدود کردن انتشار زنجیره اکساینده‌های ثانویه، ۶. ترمیم مولکول‌های آسیب‌دیده و ۷. شروع و تقویت دستگاه دفاعی ضداکسایشی درون‌زا. همه این سازوکارهای دفاعی دست به دست هم می‌دهند تا از بدن در برابر فشار اکسایشی محافظت کنند (۹، ۱۰). با این همه، دریافت ضداکساینده‌های مشتق از میوه‌ها و سبزیجات طبیعی به‌عنوان راهبرد تغذیه‌ای مؤثرتر و ایمن‌تر پیشنهاد می‌شود (۱۱).

یکی از این سبزیجات چغندر قرمز (Beetroot) (نام گیاه‌شناسی: Beta vulgaris) است. فواید حیرت‌انگیز و مستند چغندر در این سال‌ها سبب نسبت دادن اصطلاح «غذای کاربردی» (functional food) به این گیاه شده است (۱۲). همچنین فواید ضداکسایشی آن توسط چندین پژوهش روی انسان و حیوان به‌وضوح نشان داده شده است (۱۳). پژوهش‌های زیادی نشان داده‌اند که ظرفیت ضداکسایشی چغندر قرمز از آب سایر سبزیجات، مانند گوجه‌فرنگی، هویج و همچنین نسبت به چندین نوشیدنی دیگر که دارای ظرفیت ضداکسایشی بالایی هستند، مانند چای سبز، سیب،

دسترسی همه افراد جوامع گوناگون به این مکمل‌ها فرایندی دشوار است.

در نتیجه، هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر دریافت کوتاه‌مدت مکمل آب چغندر طبیعی بر 8-oxo-dG بزاقی و عملکرد هوازی، بی‌هوازی و چابکی تکواندوکاران نوجوان بود.

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش: پژوهش حاضر یک کارآزمایی بالینی کاربردی، تصادفی و دوسوکور است که در آن ۴۰ تکواندوکار نوجوان مرد (۱۴ تا ۱۷ ساله) از باشگاه‌های سطح شهر کرج به‌طور داوطلبانه شرکت کردند. شرایط ورود به اجرای پژوهش شرکت منظم در تمرینات تکواندو برای سه روز در هفته دست‌کم به مدت شش ماه، داشتن کمربند قرمز یا مشکی تکواندو و معیارهای خروج از تحقیق شامل مصرف دخانیات و الکل، استفاده از مکمل‌های ورزشی، داشتن بیماری‌های خودایمنی، التهاب مزمن یا حاد در بدن، فشار خون، دیابت و سرطان (۲۵) و داشتن هرگونه آسیب یا مشکل بدنی و پیکری برای آزمودنی‌ها بود. پیش از شرکت در پژوهش، همه مراحل و روش کار برای آنها و والدینشان توضیح داده شد و پس از آگاهی کامل و تکمیل پرسشنامه پزشکی، رضایت‌نامه کتبی از آنها و والدینشان گرفته شد. این پژوهش توسط کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علامه طباطبائی با کد IR.ATU.REC.1402.050 تأیید شد. حجم نمونه از طریق فرمول محاسبه حجم نمونه کوکران محاسبه شد (8-OHdG بزاقی به‌عنوان متغیر کلیدی و خطای نوع اول ۰/۰۵، توان آماری ۸۰ درصد و انحراف استاندارد ۰/۱۶ بر پایه پژوهش‌های پیشین (۲۶) در نظر گرفته شد). آزمودنی‌ها به‌صورت تصادفی و با همراهی یک آزمونگر کمکی به چهار گروه الف) آزمون تکواندو-مکمل (۱۰ نفر)، ب) آزمون تکواندو (۱۰ نفر)، ج) مکمل (۱۰ نفر) و د) دارونما (۱۰ نفر) تقسیم شدند (جدول ۱).

گیلاس و آب زغال‌اخته به‌طور شایان توجهی بالاتر است (۱۴). استفاده از مکمل چغندر به‌ویژه آب چغندر (BJ) توسط ورزشکاران تفریحی و نخبه نیز در این سال‌ها افزایش یافته است. رشد پنج درصدی بازار جهانی BJ در هر سال گزارش شده است و این افزایش احتمالاً در سال‌های آینده نیز ادامه خواهد داشت (۱۵، ۱۶). همچنین بر خلاف سایر میوه‌ها، قند اصلی چغندر ساکارز است که تنها مقادیر کمی گلوکز و فروکتوز دارد. از آنجایی که فروکتوز ظرفیت ورزش انسان را کاهش می‌دهد، فروکتوز کم و ساکارز بالا ترجیح داده می‌شود، برای نمونه در نوشیدنی‌های ورزشی (۱۷). افزون بر این، مؤسسه ورزش استرالیا (۲۰۲۲) که شیوه‌ای را برای دسته‌بندی مکمل‌ها در گروه‌های مختلف، از دسته A (مکمل‌های این گروه مجاز و بر اساس شواهد به احتمال زیاد مفیدند) تا دسته D (غیرمجاز و ممنوع) ارائه کرده، آب چغندر را در دسته A قرار داده است (۱۸).

بررسی پیشینه و یافته‌های پیشین، پژوهش‌های اندک و ضد و نقیضی را نشان می‌دهد. برخی یافته‌ها نشان دادند دریافت کوتاه‌مدت آب چغندر تأثیرات مثبتی بر عملکرد هوازی، بی‌هوازی و آزمون ویژه تکواندو (۱۹، ۲۰) و همچنین چابکی (۲۱) خواهد گذاشت. با این همه، پژوهش دیگری نشان داد دریافت کوتاه‌مدت آب چغندر تأثیرات متوسط تا زیادی را بر عملکرد هوازی و بی‌هوازی دارد؛ اما تأثیر معناداری بر آزمون ویژه تکواندو ندارد (۲۲). در پژوهش دیگری دریافت کوتاه‌مدت آب چغندر هیچ تأثیر مثبتی بر عملکرد بی‌هوازی و چابکی نداشت (۲۳). با اینکه تأثیر دیگر مکمل‌های ضداکسایشی بر سطح 8-oxo-dG بررسی شده (۲۴)، تا به امروز، هیچ تحقیقی تأثیر دریافت آب چغندر را بر سطح 8-oxo-dG بررسی نکرده است. همچنین در بیشتر پژوهش‌های گذشته از آب چغندرهای شرکتی و صنعتی به‌عنوان مکمل استفاده کرده‌اند (۱۹-۲۲)، ازاین‌رو تعمیم پژوهش‌های گذشته به جامعه واقعی و

جدول ۱. ویژگی‌های توصیفی آزمودنی‌ها، بر حسب میانگین و انحراف استاندارد

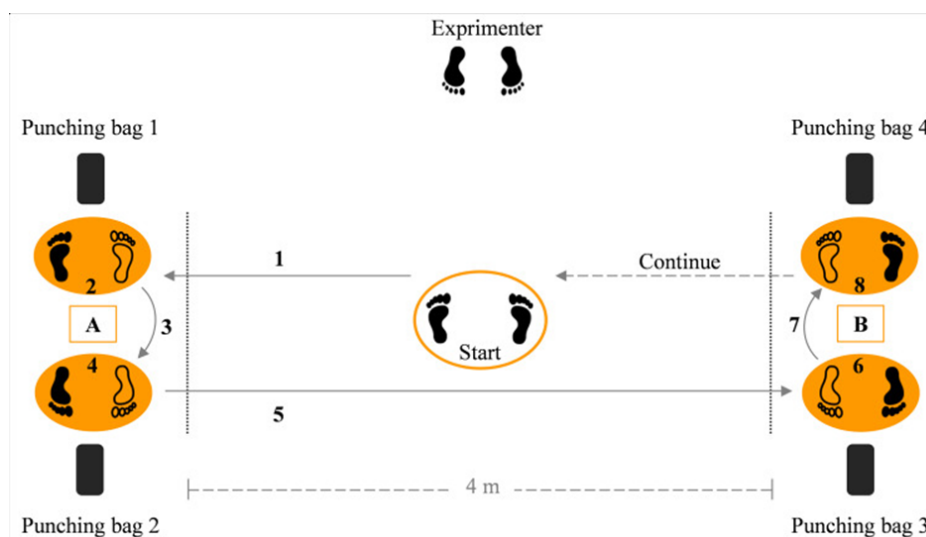
متغیر	گروه‌ها			
	مکمل و TAAA	TAAA	مکمل	دارونما
سن (سال)	۱۵/۳۰±۱/۱۵	۱۵/۶±۱/۱۷	۱۵/۴±۱/۱۷	۱۵/۶±۱/۱۷
قد (سانتی‌متر)	۱۷۰/۲۴±۱۹	۱۷۱/۶۵±۴/۹	۱۷۱/۷۳±۵/۸۵	۱۷۱/۳۵±۵/۸۷
وزن (kg)	۶۱/۹۵±۵/۴۳	۶۱/۳۰±۵/۴۶	۶۳/۶۳±۶/۸۲	۶۳/۲۱±۶/۱۶
BMI (kg/m ²)	۲۱/۱۵±۰/۹۷	۲۲/۰۷±۰/۹۹	۲۱/۵۰±۰/۸۷	۲۱/۴۷±۰/۸۷

گروه‌ها در ابتدا از نظر وزن (p-value ۰/۲۷) و قد (p-value ۰/۴۲) همگن بودند.

روش اجرای پژوهش: فهرستی از غذاهای پرنیترات (چغندر، کرفس، کاهو، اسفناج، شلغم، موز، جعفری، کلم، آب هویج و ...) در اختیار آزمودنی‌ها قرار گرفت و از آنان خواسته شد از خوردن غذاهای پرنیترات ۷۲ ساعت پیش از آزمون اجتناب ورزند (۲۷). همچنین برای کنترل رژیم غذایی از روش خودکنترلی استفاده شد، ۷۲ ساعت پیش از آغاز آزمایش به آزمودنی‌ها دستورالعمل‌های غذایی کلی داده شد و از آنها خواسته شد از این دستورالعمل پیروی کنند (۶۰ درصد انرژی از کربوهیدرات، ۱۰-۱۵ درصد از پروتئین و ۱۵-۲۵ درصد از چربی‌ها تشکیل شده بود) (۲۸). در اختیار هر شرکت‌کننده به‌جز گروه آزمون تکواندو ۱۴ بطری حاوی ۱۰۰ میلی‌لیتر BJ یا ۱۰۰ میلی‌لیتر دارونما قرار داده شد که آزمودنی‌ها و پژوهشگر از محتوای بطری (دارونما یا مکمل) بی‌خبر بودند (دوسوکور) (۲۹). از آنها خواسته شد که پس از دریافت پیامک در هر روز مکمل‌ها را به مدت هفت روز مصرف کنند. دو پیامک برای یادآوری در روزهای اول تا هفتم مکمل‌دهی ارسال شد (یک پیامک صبح و یکی پس از ظهر). همچنین از شرکت‌کنندگان خواسته شد از موارد زیر خودداری ورزند: خوردن غذا ۲ تا ۲/۵ ساعت پیش از انجام همه آزمایش‌های ورزشی، استفاده از دهانشویه ضدباکتری و آدامس

برای مدت زمان تحقیق، زیرا مشخص شده است که این موارد تبدیل نیترات به نیتريت را در حفره دهان از بین می‌برد (۳۰).

آزمون هوازی، بی‌هوازی و چابکی ویژه تکواندو (TAAA): آزمون TAAA با اقتباس از طاعتی و همکاران (۲۰۲۲) انجام گرفته است (۱). روش آزمون TAAA با در نظر گرفتن فعالیتی که به‌طور معمول در مسابقات و تمرین انجام می‌شود، شکل گرفته است. آزمون شامل شش تکرار دوی سرعت رفت و برگشتی تناوبی ۲۰ ثانیه‌ای است که در طول یک مسافت چهارمتری و اجرای ضربات دورانی پا (Roundhouse kick) یا باندال چاگی (Bandal Chagi) به‌طور متناوب در انتهای آن فاصله خواهد بود. بر اساس زمان واقعی مسابقات رسمی رده سنی نوجوانان که در آن هر نوبت دو دقیقه است و یک دوره استراحت یک‌دقیقه‌ای بین نوبت‌ها وجود دارد. دلیل اصلی انتخاب ضربه باندال چاگی این است که این تکنیک پرکاربردترین ضربه در مسابقات و تمرینات تکواندو است. یک دوره استراحت ۱۰ ثانیه‌ای بین فواصل کاری در نظر گرفته شد تا چارچوب زمانی واقعی در مسابقات رسمی شبیه‌سازی شود. به همین ترتیب مسافت مذکور نیز با توجه به منطقه مسابقه ۸×۸ انتخاب شد تا هر رفت و برگشت TAAA برابر با ۸ متر باشد (شکل ۱).



شکل ۱. شیوهٔ آزمون چابکی، هوازی، بی‌هوازی و ویژهٔ تکواندو (TAA). این روش شامل شش نوبت ۲۰ ثانیه‌ای (روی‌هم‌رفته دو دقیقه) دوی سرعت رفت و برگشتی بین نقاط A و B و اجرای ضربات باندا چاگی در این نقاط، با ۱۰ ثانیه استراحت بین ست‌هاست. ۱. دوی سرعت به جلو تا نقطهٔ A؛ ۲ و ۶ یک ضربه پای راست؛ ۳ و ۷ چرخش ۱۸۰ درجه از سمت راست؛ ۴ و ۸ یک ضربه پای چپ؛ ۵ تا نقطهٔ B دوی سرعت.

بیشینهٔ ضربات: بیشترین تعداد ضربات در فاصلهٔ ۲۰ ثانیه، کمینهٔ ضربات: کمترین تعداد ضربات در فاصلهٔ ۲۰ ثانیه، میانگین ضربات: تعداد کل ضربات در پایان آزمون تقسیم بر ۶ و آمادگی هوازی از طریق فرمول ۱ زیر محاسبه شد:

$$VO_{2max}(mL.kg^{-1}.min^{-1}) = 56.316 + 0.742(HR_{diff}) - 0.924(BMI)$$

برای محاسبهٔ توان بی‌هوازی نیز از فرمول زیر (۱) استفاده شد:

$$Average Power(W.kg^{-1}) = 0.648(average\ kicks)$$

برای ارزیابی عملکرد چابکی ورزشکاران، مدت زمان لازم برای تکمیل دقیق شش ضربه در نظر گرفته شد (۱).

روش‌های آزمایشگاهی: چغندر قرمز خریداری شده از فروشگاه‌های سطح شهر در محیط آزمایشگاه سه یا چهار بار برای حذف خاک و آلودگی آن با آب شیرین شسته شد. سپس به‌طور کامل بریده شده و با استفاده

هر ورزشکار آزمون TAA را از وضعیت آماده با هر دو پاشنه روی زمین و یک عرض شانه بین پاها (naranhi seogi) در نقطهٔ «شروع» در مقابل پژوهشگر شروع کرد. پس از فرمان، ورزشکار باید: (الف) به سمت جلو به نقطهٔ A می‌دوید و یک ضربه پای راست با حالت مبارزهٔ تکواندو، یک چرخش ۱۸۰ درجه به سمت راست و یک ضربه پای چپ با حالت مبارزه انجام می‌داد، (ب) به سمت جلو به نقطهٔ B بپیچید و همان رویه در نقطهٔ A را انجام داد. این رویه برای تمام ۲۰ ثانیه بین نقاط A و B پیوسته بود و دوره‌های استراحت بین فواصل در نقطهٔ «شروع» بود.

آزمودنی‌ها در هر جلسهٔ آزمون ورزشی سه نوبت با استراحت‌های یک دقیقه‌ای بین هر نوبت را انجام دادند تا هم بیشتر شبیه‌ساز مسابقات تکواندو از لحاظ زمانی باشد و هم دو عامل شدت و مدت فعالیت که برای تولید ROS مورد نیاز است، افزایش یابد. به‌منظور برآورد آمادگی بی‌هوازی با استفاده از نتایج آزمون TAA، تعداد ضربات «درست» در نوبت سوم به شرح زیر ثبت شد:

است، پاستوریزه شد (۳۳). ترکیبات ضداکسایشی، معدنی و همچنین ویتامین‌های گوناگونی در چغندر یافت می‌شود، اما در این پژوهش ترکیباتی که مرتبط با موضوع هستند، پس از پاستوریزاسیون توسط تجهیزات آزمایشگاهی چون کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) آنالیز و بررسی شد که در جدول ۲ ارائه می‌شود.

از آبمیوه‌گیر هیدرولیک توسط کارشناس آزمایشگاه و در محیط آزمایشگاه مورد تأیید سازمان ملی استاندارد ایران آب آن‌ها استخراج و با یک صافی دولایه فیلتر شد. علت آب‌گیری چغندر با پوست حفظ بیشتر ارزش ضداکسایشی آن بود (۳۱، ۳۲). BJ به‌دست‌آمده در ظرف استیل استریل‌شده در دمای ۹۶ درجه به مدت ۷۲۰ ثانیه که مناسب‌ترین روش پاستوریزاسیون BJ

جدول ۲. ترکیبات مؤثر آب چغندر پس از پاستوریزاسیون در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر

ردیف	نام و واحد اندازه‌گیری	مقدار
۱	Energy, kcal	۳۰
۲	Protein, g	۱/۰۲
۳	Total fats, g	۰/۱۶
۴	Carbohydrate, g	۶/۶
۵	Total Phenolic Content	۲۲۵
۶	Total Flavonoid Content	۱۲۶
۷	Betaxanthins, mg	۱۱/۸۴
۸	Betacyanins, mg	۲۲/۶۹
۹	Total Betalains	۳۴/۵
۱۰	Nitrates, mmol	۹/۱۴
۱۱	Vitamin C, mg	۶/۱۳
۱۲	Folate (B9), µg	۶۸
۱۳	Phosphorus, mg	۳۲
۱۴	Ferulic Acid, mg	۰/۱۷

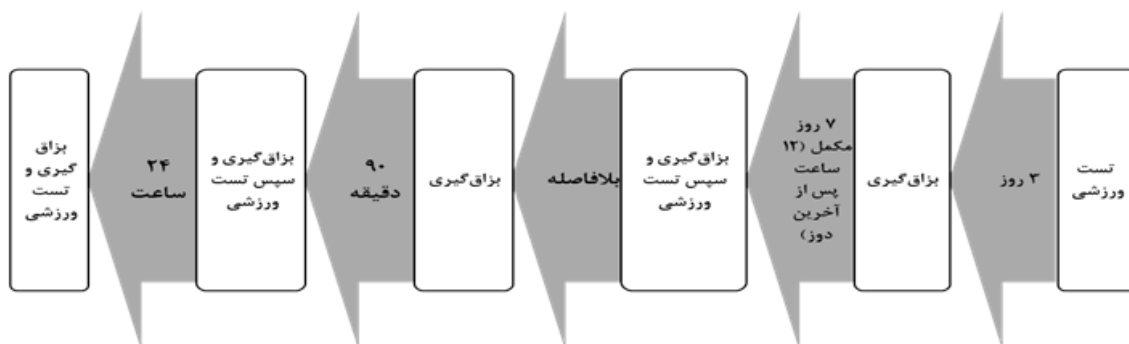
نمونه بزاقی: برای تهیه بزاق، افراد منتخب دهان خود را با آب شستند و سپس با استفاده از لوله‌های آزمایش استریل‌شده به مقدار پنج میلی‌لیتر بزاق غیرتحریکی را در لوله استریل تخلیه کردند. سپس نمونه‌های بزاقی در یخچال با دمای چهار درجه سانتی‌گراد تا مرحله آزمایش نگهداری شدند. برای تعیین مقادیر 8-oxo-dg از پروتکل جداسازی و غیرفعال‌سازی آنزیمی استفاده شد. در پژوهش‌های

برای شناسایی و تعیین ساختمان مواد خالص‌شده به روش HPLC از روش‌های طیف‌سنجی H NMR و C NMR استفاده شد. برای طیف‌گیری NMR مقدار کافی از نمونه‌ها در حلال متانول دوتره حل شد. سپس در بطری‌های استریل ۱۰۰ میلی‌لیتری بسته‌بندی و در یخچال خانگی با دمای سه درجه سانتی‌گراد تا زمان مصرف نگهداری شد. برای دارونما نیز از پودر شربت آلبالو و گلاب استفاده شد (۲۹).

شست‌وشو آنتی‌بادی مزدوج ثانویه به همه چاهک‌ها افزوده شد و به مدت دو ساعت در دمای ۲۴ درجه انکوبه شد. در نهایت صفحه الایزا در دستگاه الایزا ریدر با طول موج ۴۵۰ نانومتر ثبت شد. سطح 8-oxo-dg با استفاده از کیت الایزا رقابتی (شرکت زلیو ساخت آلمان) با میزان حساسیت 0.57 (2 nM 8-OhdG ng/mL) اندازه‌گیری شد.

شمای کلی پژوهش: ورزشکاران دو وعده ۱۰۰ میلی‌لیتری مکمل BJ یا دارونما را به مدت هفت روز دریافت کردند. آزمون TAAA ۷۲ ساعت پیش از دریافت مکمل، ۱۲ ساعت پس از آخرین وعده مکمل، ۹۰ دقیقه پس از آزمون دوم و ۲۴ ساعت پس از آزمون سوم انجام شد. نمونه‌برداری بزاق ۷۲ ساعت پس از نخستین آزمون TAAA و پیش از آغاز مکمل، ۱۲ ساعت پس از آخرین وعده مکمل، بلافاصله پس از آزمون TAAA دوم، ۹۰ دقیقه پس از آزمون دوم و پیش از آزمون سوم، ۲۴ ساعت پس از آزمون سوم و پیش از آزمون چهارم انجام شد (شکل ۲). بر پایه دستورالعمل‌های پیشین، دریافت BJ ۹۰ دقیقه پیش از آغاز تمرین انجام شد، زیرا تأثیر نیترات دو تا سه ساعت پس از دریافت به بیشینه خودش می‌رسد (۳۴). نیمه عمر نیترات و بتانین به ترتیب ۵-۶ ساعت و ۳۲ دقیقه گزارش شده است (۳۵-۳۷). به این ترتیب، نمونه بزاق دست‌کم ۱۲ ساعت پس از دریافت مکمل برای کاهش تأثیرات حاد آخرین دوز جمع‌آوری شد.

گذشته گفته شده است که مواد موجود در بزاق می‌تواند مقادیر 8-oxo-dg را تحت تأثیر قرار دهد. به همین دلیل برای سنجش نشانگرهای زیستی به‌ویژه در آزمون الایزا جداسازی ترکیبات ضروری است. برای اندازه‌گیری 8-oxo-dg ابتدا ۱/۵ میلی‌لیتر از نمونه بزاق در تیوب ویژه حرارت گذاشته شد و در دمای ۹۰ درجه به مدت پنج دقیقه حرارت داده شد تا فعالیت‌های آنزیمی مداخله‌گر از بین برود. نمونه‌ها در دمای چهار درجه سرد شدند، سپس با ۱۰ ml از mm^۲/۹ محلول پپسین اضافه شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۳۷ درجه انکوبه شدند تا موکوس تجزیه شده و از ناخالصی هنگام فیلتراسیون جلوگیری شود. پس از این مرحله برای غیرفعال‌سازی پپسین نمونه‌ها به مدت پنج دقیقه در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شدند. سپس نمونه‌ها در دمای چهار درجه به مدت ۳۰ دقیقه با سرعت ۱۸۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. پس از آن نمونه‌ها در دستگاه سانتریفیوژ ویژه صافی‌دار به مدت ۶۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. پس از آماده‌سازی نمونه و پاکسازی روش الایزا برای سنجش 8-oxo-dg استفاده شد. در مرحله اول ۲۷۰ میلی‌لیتر از نمونه با آنتی‌بادی اولیه ترکیب شد. سپس نمونه‌ها به صفحه الایزای ۹۶ و یا ۴۸ چاهک که با 8-oxo-dg پوشانده شده بودند، انتقال یافتند و در چهار درجه سانتی‌گراد بدون رسیدن نور انکوبه شدند. پس از انکوبه شدن و



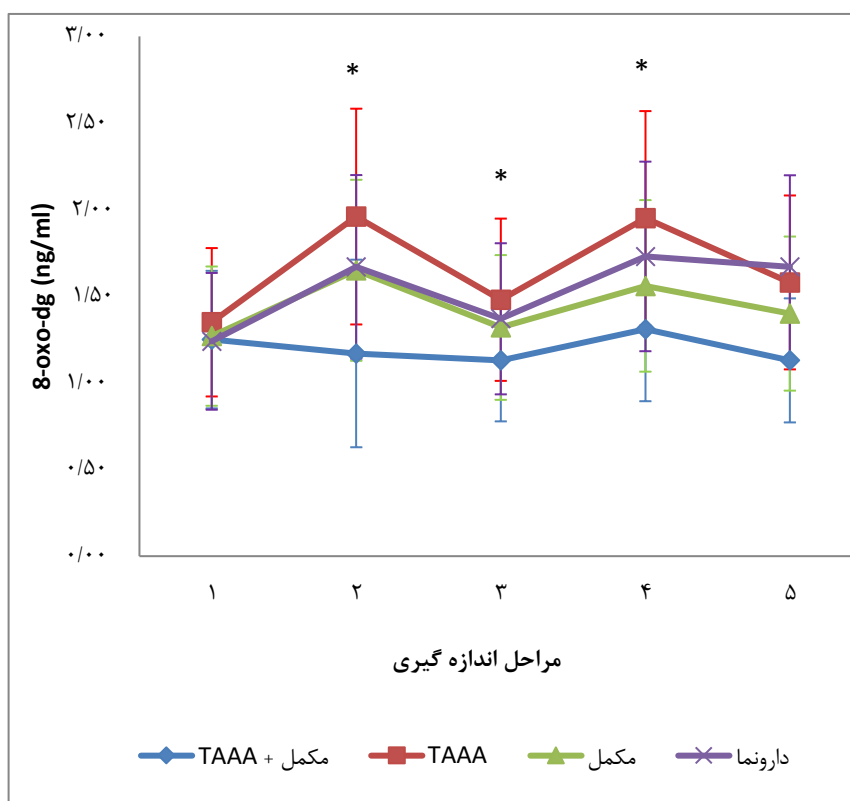
شکل ۲. شمای کلی پژوهش

تحلیل آماری: برای توصیف داده‌ها از روش‌های آماری توصیفی (میانگین، انحراف استاندارد، رسم جداول و شکل‌ها) استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS 26 و اندازه‌گیری‌های مکرر (Repeated measures ANOVA) و برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار EXCEL استفاده شد. برای بررسی همگنی اولیه گروه‌ها از روش تحلیل واریانس یکطرفه و آزمون لوین جهت بررسی همگنی واریانس‌ها استفاده شد. از تحلیل کوواریانس (ANCOVA) برای کنترل متغیرهای مداخله‌گر و اطمینان از تفاوت‌های واقعی میان گروه‌ها استفاده شد. سطح معناداری نیز برابر با $P < 0.05$ در نظر گرفته شد.

نتایج

با توجه به اثر تعاملی که در مقایسه آزمون تحلیل

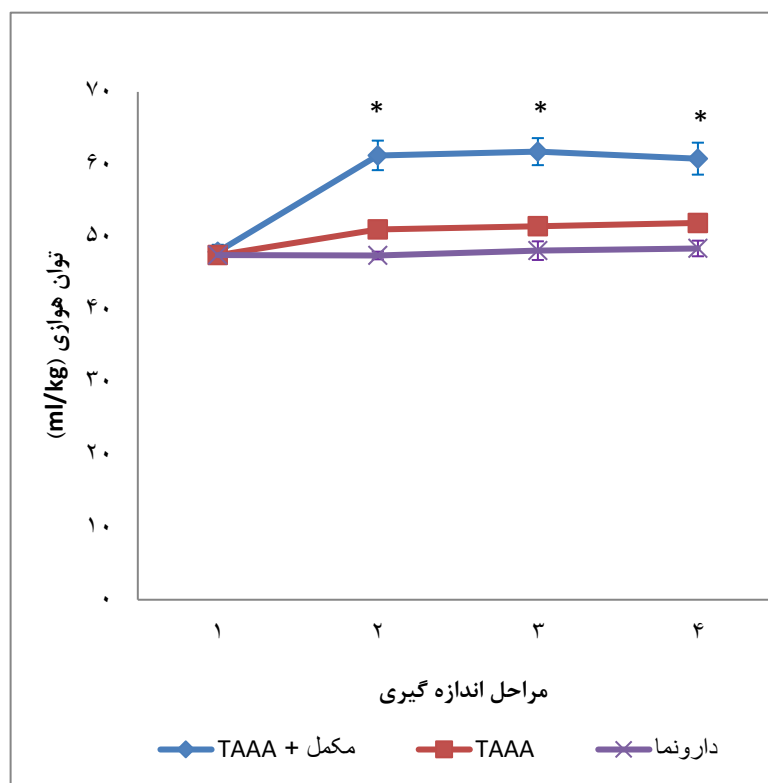
واریانس مکرر یکطرفه مهم است، تفاوت معناداری بین تغییرات 8-oxo-dG در گروه‌های مختلف وجود داشت ($F=8/52$; $P=0/001$). با توجه به نتایج تحلیل واریانس مکرر و شکل ۳ متغیر 8-oxo-dG در گروه‌ها در آغاز کم و بیش مشابه بودند. در وهله بعدی تفاوت معنادار است ($F=23/33$; $P=0/001$). در مرحله سوم نیز تفاوت معنادار است ($F=7/30$; $P=0/001$). به‌طوری‌که متغیر بزاقی در سه گروه با شیب تندی کاهش یافته اما در گروه مکمل + TAAA باز به‌طور مسطح بوده و نسبت به وهله قبل تفاوت معناداری نداشت. در مرحله چهارم نیز تفاوت معنادار بود ($F=4/94$; $P=0/006$) متغیر بزاقی در گروه‌ها افزایش داشته است، شیب خط در گروه دارونما بیش از سه گروه دیگر است. و در وهله پایانی تفاوت معناداری دیده نشد ($F=2/11$; $P=0/11$).



شکل ۳. تغییرات 8-oxo-dG در گروه‌های مختلف تفاوت معنادار نسبت به حالت پایه. مراحل اندازه‌گیری: ۱. حالت پایه، ۲. ۱۲ ساعت پس از آخرین دوز مکمل، ۳. بلافاصله پس از آزمون ورزشی دوم، ۴. ۹۰ دقیقه پس از مراحل ۳ و ۵. ۲۴ ساعت بعد از آزمون ورزشی سوم. Error Bar خطای استاندارد است. * محل معناداری.

با توجه به اثر تعاملی که در مقایسه آزمون تحلیل واریانس مکرر یکطرفه مهم است، تفاوت معناداری بین تغییرات توان هوازی در مراحل در گروه‌های مختلف وجود داشت ($F=14/24$; $P=0/001$). با توجه به شکل ۴ و نتایج تحلیل واریانس مکرر متغیر توان هوازی گروه‌ها در آغاز کم و بیش مشابه بودند. در وهله دوم نسبت به حالت پایه تفاوت معنادار است ($F=12/53$; $P=0/001$) شیب خط در گروه‌های مداخله نسبت به دارونما افزایشی بود، اما در گروه تمرین ملایم بود، ولی در گروه مکمل + TAAA شیب تندتری داشت، یعنی افزایش توان هوازی در این گروه بیشتر بود. در گروه تمرین در مرحله سوم

نیز تفاوت معناداری دیده شد ($F=24/64$; $P=0/001$). الگوی رفتاری در سه گروه مشابه بود، یعنی نسبت به دوره قبلی افزایش معناداری وجود نداشت؛ اما چون مقدار توان هوازی در گروه مکمل + TAAA بالاتر است، تفاوت معنادار بین گروهی مشخص شده است. در مرحله چهارم نیز تفاوت معنادار بود ($F=4/97$; $P=0/005$)، الگوی رفتاری شبیه مرحله پیشین بود، به‌طوری‌که روند تغییر در سه گروه مشابه بود، یعنی نسبت به دوره پیشین افزایش چندانی وجود ندارد؛ اما چون مقدار توان هوازی در گروه مکمل + TAAA بالاتر است، تفاوت معنادار بین گروهی مشخص شد.



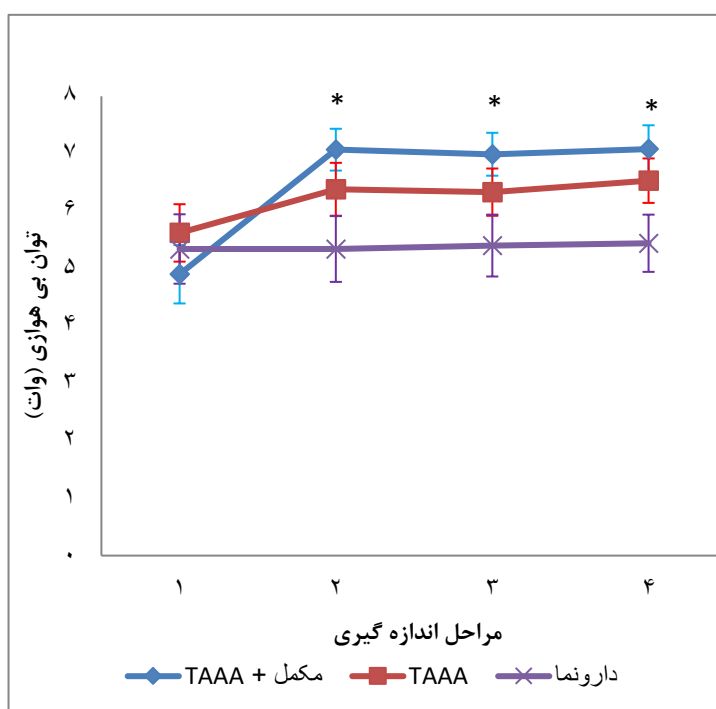
شکل ۴. تغییرات توان هوازی در گروه‌های مختلف تفاوت معنادار نسبت به حالت پایه. مراحل اندازه‌گیری: ۱. حالت پایه، ۲. پس از مصرف مکمل، ۳. بیش از ۹۰ دقیقه بعد از آزمون دوم و ۴. بیش از ۲۴ ساعت پس از آزمون سوم. Error Bar خطای استاندارد است. * محل معناداری.

تفاوت معناداری بین تغییرات توان بی‌هوازی در مراحل در گروه‌های مختلف وجود داشت ($P=0/001$) با توجه به شکل ۵ و نتایج تحلیل واریانس مکرر متغیر توان بی‌هوازی و گروه‌ها در آغاز کم و بیش

مشابه بود. در وهله دوم نسبت به حالت پایه تفاوت معنادار است ($F=20/85$; $P=0/001$) شیب خط در گروه‌های مداخله نسبت به دارونما افزایشی اما در دو گروه تمرین ملایم است، ولی در گروه مکمل + تمرین

مرحله چهارم نیز تفاوت معنادار بود ($P=0/001$)؛ $F=17/82$ ، الگوی رفتاری شبیه مرحله پیشین بود، به‌طوری‌که روند تغییر در سه گروه مشابه بود؛ یعنی نسبت به دوره پیشین افزایش معناداری وجود نداشت، اما چون مقدار توان بی‌هوازی در گروه مکمل + TAAA بالاتر است، تفاوت معنادار بین گروهی مشخص شده است.

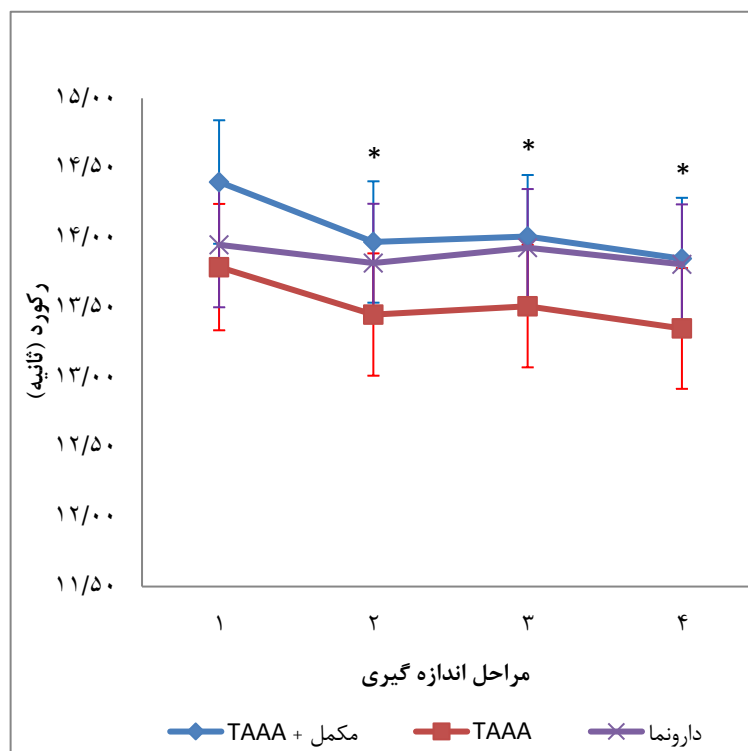
شیب تندتری دارد، یعنی افزایش توان بی‌هوازی در این گروه بیشتر بود. در مرحله سوم نیز تفاوت معناداری دیده شد ($P=0/001$)؛ $F=12/38$ ، الگوی رفتاری در سه گروه مشابه بود؛ یعنی نسبت به دوره قبلی افزایش چندانی وجود نداشت؛ اما چون مقدار توان بی‌هوازی در گروه مکمل + TAAA بالاتر است تفاوت معنادار بین گروهی مشخص شده است. در



شکل ۵. تغییرات توان بی‌هوازی در گروه‌های مختلف تفاوت معنادار نسبت به حالت پایه. مراحل اندازه‌گیری: ۱. حالت پایه، ۲. پس از مصرف مکمل، ۳. بیش از ۹۰ دقیقه بعد از آزمون دوم و ۴. بیش از ۲۴ ساعت پس از آزمون سوم. Error Bar خطای استاندارد است. * محل معناداری.

شاید تمرین عامل مؤثرتری در کاهش نصاب آزمودنی‌ها بود. در مرحله سوم نیز تفاوت معناداری دیده شد بود، یعنی نسبت به دوره قبلی افزایش اندکی وجود داشت، اما این افزایش در گروه تمرین بیشتر بوده است. در مرحله چهارم نیز تفاوت معنادار نبود ($P=0/07$)؛ $F=2/52$ ، بهبود عملکرد با گذشت زمان کاهش به مقدار اندکی کاهشی بوده است. گروه مکمل + TAAA کاهش بیشتری را تجربه کردند و میانگین‌ها به یکدیگر نزدیک‌تر شده و عدم معناداری دیده شد.

تفاوت معناداری بین تغییرات نصاب آزمون TAAA در مراحل در گروه‌های مختلف وجود داشت ($P=0/001$)؛ $F=8/41$. با توجه به شکل ۶ و نتایج تحلیل واریانس مکرر مشخص شد که نصاب آزمون TAAA در آغاز بین گروه‌ها متفاوت است، به‌طوری‌که در گروه تمرین پایین‌تر از گروه‌های دیگر است. در وهله دوم نسبت به حالت پایه الگوی رفتاری تفاوت معنادار داشت ($P=0/001$)؛ $F=12/71$ ؛ شیب خط در گروه‌های مداخله نسبت به دارونما کاهشی بوده، اما در این روند کاهشی در دو گروه مکمل + TAAA و تمرین بیش از گروه دارونماست و



شکل ۶. تغییرات رکورد آزمون در گروه‌های مختلف تفاوت معنادار نسبت به حالت پایه. مراحل اندازه‌گیری: ۱. حالت پایه، ۲. بعد از مصرف مکمل، ۳. بیش از ۹۰ دقیقه بعد از آزمون دوم و ۴. بیش از ۲۴ ساعت پس از آزمون سوم. Error Bar خطای استاندارد است. * محل معناداری.

بحث و نتیجه‌گیری

طبق دانش ما، این پژوهش نخستین تحقیقی است که تأثیرات کوتاه‌مدت مکمل BJ را با استفاده از مدل آزمایش میدانی شبیه به مسابقات تکواندو در سطح المپیک یا بین‌المللی بررسی می‌کند. یکی از یافته‌های مهم پژوهش حاضر روند کاهشی تغییرات 8-oxo-dG بزاقی و جلوگیری از افزایش بیش‌ازحد آن در گروه تنها مکمل و گروه مکمل+TAAA بود. تمرین به‌صورت انفرادی در الگوی رفتاری تأثیر چندانی نداشت و حتی می‌توان گفت تغییرات عامل بزاقی در گروه تمرین به نسبت افزایشی به‌همراه دو پیک در زمان‌های دوم و چهارم بوده است که شاید این موضوع را می‌توان به افزایش تولید بنیان‌های آزاد و فشار اکسایشی ناشی از فعالیت‌های ورزشی پرشدت حاد و تک‌ووله‌ای نسبت داد (۳۸). مقدار بسیار زیادی از ضداکساینده‌های قابل دسترسی زیستی را ارائه می‌دهد و سطح ضداکسایشی

تام بالاتری نسبت به دیگر سبزیجات و میوه‌ها دارد (۱۴). وجود عامل‌هایی چون فیتوکمیکال‌ها، بتالین‌ها، استروئیدها، فرولیک اسید، نیترات و ویتامین ث که خاصیت ضداکسایشی بالایی از خود نشان داده‌اند، می‌تواند دلیل سطح بالای ضداکساینده تام چغندر نسبت به دیگر سبزیجات باشد (۳۹). همسو با یافته‌های ما آنتونیتو و همکاران (۲۰۲۱) که هدف پژوهش آن‌ها بررسی اثر حاد دریافت مکمل عصاره چغندر (یک گرم) بر تکواندوکارانی که تحت آزمایش هوازی بیشینه قرار گرفتند بود نشان دادند؛ ۱۲ ورزشکار که تحت یک روش هوازی تکواندو خاص قرار گرفتند و همه آن‌ها یک روش بیشینه ضربه متناوب (باندال چاگی) را در دو شرایط تصادفی الف) عصاره چغندر و ب) دارونما انجام دادند؛ مکمل عصاره چغندر (یک گرم) بر ظرفیت هوازی و عملکرد آزمون خاص آن‌ها تأثیر مثبت داشت (۱۹). همچنین میرآفتابی و

همکاران (۲۰۲۱) پژوهشی با هدف بررسی دو دوز حاد BJ ۴۰۰ میلی گرم نیترات و ۸۰۰ میلی گرم نیترات بر روی آزمون‌های عملکردی و عملکرد شناختی خاص تکواندو در مقایسه با گروه دارونما و کنترل انجام دادند. از این پژوهش نتیجه‌گیری شد که دریافت حاد دوز دارای ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی گرم نیترات BJ اثر متوسط تا زیادی در عملکرد بی‌هوای و هوای دارد. با این همه، هیچ تفاوت آماری در عملکرد خاص تکواندو یافت نشد (۴۰).

با این حال پژوهش‌هایی نیز وجود دارد که با یافته‌های ما همسو نیست. برای نمونه تاتلیچی و همکاران (۲۰۱۹) پژوهشی با هدف بررسی اثرات مکمل‌های غذایی حاد نیترات (آب چغندر قرمز) بر پارامترهای توان بی‌هوای بازو، خستگی و سطوح باز یافت در بوکسورهای مرد نخبه انجام دادند. داوطلبان شرکت در تحقیق یک آزمون وینگیت بی‌هوای ۳۰ ثانیه پس از BJ (دو گرم به ازای وزن بدن) یا دارونما انجام دادند. میزان ضربان قلب (HR) و سطح لاکتات خون مویرگی پیش و بلافاصله پس از آزمون Wingate (خستگی) اندازه‌گیری شد، افزون بر آن سطوح HR و لاکتات در دقیقه‌های ۱۰، ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۹۰ برای پیگیری سطوح بهبودی شرکت‌کنندگان ثبت شد. علی‌رغم عدم تأثیر آب چغندر بر سطوح لاکتات خون و ضربان قلب (به جز زمان خستگی)، کاهش چشمگیری در پیک توان، پیک توان نسبی، میانگین توان و توان متوسط نسبی برای BJ دیده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که مکمل‌های نیترات رژیم غذایی تأثیر مثبتی بر توان بی‌هوای یا بازیابی بوکسورهای مرد نخبه نداشت (۲۰).

دیگر یافته ما از پژوهش حاضر تفاوت معنادار بین تغییرات نصاب آزمون TAAA در مراحل در گروه‌های مختلف بود. الگوی تغییرات در تمامی گروه‌ها مشابه بوده، یعنی زمان نصاب اجرای آزمون در گروه‌های مداخله نسبت به دارونما کاهش یافته است. اوج کاهش

در وهله اول بوده و شاید اثر آن به مرور زمان کاهش می‌یابد. این روند کاهشی در دو گروه مکمل TAAA+ و TAAA بیش از گروه دارونماست و احتمالاً تمرین عامل مؤثرتری در کاهش نصاب آزمودنی‌ها بوده است. در پژوهشی همسو با این بخش از یافته‌های ما هاشمی فرد و همکاران (۱۴۰۱) با هدف بررسی تأثیر BJ قرمز بر توان هوای و بی‌هوای دختران کاراته‌کا پس از دریافت آب چغندر قرمز (۱۰۰ میلی لیتر) یا دارونما (آب زغال‌اخته)، در آزمون شرکت کردند. ابتدا ۱۰ دقیقه گرم کردن پویا شامل راه رفتن و حرکات کششی انجام گرفت، سپس آزمون ۴×۹، آزمون رست و در انتها آزمون هوای ویژه کاراته اجرا شد. نتایج نشان داد که با دریافت آب چغندر قرمز در مقایسه با دارونما توان بیشینه، حداقل توان، میانگین توان، نمایه خستگی و افت سرعت در آزمون RAST به‌طور معناداری بهبود یافت. همچنین کاهش معناداری در زمان آزمون چابکی ۴×۹ دیده شد. اما تفاوت معناداری در آزمون هوای ویژه کاراته و میزان درک فشار دیده نشد (۲۱).

اما در بررسی دیگری حسن‌پور و همکاران (۱۴۰۱) با هدف تعیین تأثیر دوزهای ۷۰ یا ۱۴۰ میلی لیتر دریافت حاد BJ بر عملکرد بی‌هوای در افراد تمرین‌کرده دریافتند دریافت حاد دوزهای ۷۰ و ۱۴۰ میلی لیتر آب چغندر هیچ مزیت عملکردی برای توان بی‌هوای و مؤلفه‌های آن، چابکی، سرعت و توان انفجاری در افراد تمرین‌کرده ایجاد نمی‌کند (۴۱).

از جمله محدودیت‌ها برای پژوهش حاضر می‌توان به ناتوانی در کنترل شرایط فکری و روانی آزمودنی‌ها هنگام اجرا اشاره کرد. همچنین با وجود توصیه‌ها و راهنمایی‌هایی که پژوهشگران به آزمودنی‌ها دادند تا دستورالعمل‌های تغذیه را پیروی کنند، شاید آزمودنی‌ها از غذاهای مطابق با دستورالعمل یکسان بهره‌مند نشده و این موضوع شاید از دید پژوهشگران دور مانده باشد. یکی دیگر از محدودیت‌های این تحقیق عدم بررسی

وضعیت بلوغ شرکت کنندگان بود که می تواند به عنوان عامل مؤثری بر نتایج، در پژوهش های آینده مورد توجه قرار گیرد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ۲۰۰ میلی لیتر مکمل آب چغندر در روز (دو وعده ۱۰۰ میلی لیتری) به مدت یک هفته سبب کاهش سطح 8-oxo-dG بزاقی به عنوان یک شاخص فشار اکسایشی در تکواندوکاران نوجوان پسر خواهد شد. همچنین دریافت مکمل آب چغندر به مقدار ذکر شده سبب افزایش عملکرد هوازی، بی هوازی و همچنین چابکی تکواندوکاران نوجوان در پروتکل TAAA خواهد شد. برای جلوگیری از آثار مخرب فشار اکسایشی ناشی از فعالیت های شدید می توان از آب چغندر کمک گرفت. همچنین آب چغندر به عنوان یک نوشیدنی کم کالری، کم هزینه، در دسترس و بسیار سودمند می تواند توسط ورزشکاران تکواندو و ورزش هایی که از نظر فیزیولوژیایی به مانند تکواندو هستند، یک هفته پیش از مسابقات برای افزایش عملکرد به صورت محتاطانه دریافت شود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از تمامی ورزشکاران آینده ساز شرکت کننده در پژوهش حاضر و والدین محترمشان که بی شک بدون همکاری آنها انجام این پژوهش امکان پذیر نبود، کمال تشکر و قدردانی را داریم. این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد با کد اخلاق IR.ATU.REC.1402.050 است.

حمایت مالی

این پژوهش هیچ گونه حمایت مالی دریافت نکرده و همه هزینه ها توسط دانشجو تأمین شده است.

مشارکت نویسندگان

این مقاله برگرفته از پایان نامه معراج میرزائی با

راهنمایی جناب آقای دکتر سید مرتضی طبیبی و مشاوره سرکار خانم دکتر مینو باسامی است. تمامی نویسندگان در تدوین و تأیید نهایی مقاله نقش داشته اند.

تعارض منافع

هیچ کدام از نویسندگان این مقاله، افراد و یا دستگاه ها تعارض منافی برای انتشار این مقاله ندارند.

منابع

1. Taati B, Arazi H, Bridge CA, Franchini E. A new taekwondo-specific field test for estimating aerobic power, anaerobic fitness, and agility performance. *PLoS One*. 2022;17(3):e0264910.
2. Powers SK, Radak Z, Ji LL. Exercise-induced oxidative stress: past, present and future. *J Physiol*. 2016;594(18):5081-92.
3. Hayes JD, Dinkova-Kostova AT, Tew KD. Oxidative stress in cancer. *Cancer cell*. 2020;38(2):167-97.
4. Al-Horani RA. A Narrative Review of Exercise-Induced Oxidative Stress: Oxidative DNA Damage Underlined. *The Open Sports Sciences Journal*. 2022;15.
5. Limberaki E, Eleftheriou P, Vagdatli E, Kostoglou V, Petrou C. Serum antioxidant status among young, middle-aged and elderly people before and after antioxidant rich diet. *Hippokratia*. 2012;16(2):118-23.
6. Pour Khavari A, Haghdost S. Effects of Tomato Juice Intake on Salivary 8-Oxo-dG Levels as Oxidative Stress Biomarker after Extensive Physical Exercise. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2020;2020(1):8948723.

7. Urbaniak SK, Boguszewska K, Szewczuk M, Kaźmierczak-Barańska J, Karwowski BT. 8-Oxo-7,8-Dihydro-2'-Deoxyguanosine (8-oxodG) and 8-Hydroxy-2'-Deoxyguanosine (8-OHdG) as a Potential Biomarker for Gestational Diabetes Mellitus (GDM) Development. *Molecules*. 2020;25(1).
8. Tan BL, Norhaizan ME. Oxidative Stress, Diet and Prostate Cancer. *World J Mens Health*. 2021;39(2):195-207.
9. Adwas AA, Elsayed A, Azab AE, Quwaydir FA. Oxidative stress and antioxidant mechanisms in human body. *J Appl Biotechnol Bioeng*. 2019;6(1):43-7.
10. Halliwell B. Biochemistry of oxidative stress. *Biochem Soc Trans*. 2007;35(Pt 5):1147-50.
11. Mohd Daud SM, Sukri NM, Johari MH, Gnanou J, Manaf FA. Pure Juice Supplementation: Its Effect on Muscle Recovery and Sports Performance. *Malays J Med Sci*. 2023;30(1):31-48.
12. Ninfali P, Angelino D. Nutritional and functional potential of *Beta vulgaris* cicla and rubra. *Fitoterapia*. 2013;89:188-99.
13. Clifford T, Howatson G, West DJ, Stevenson EJ. The potential benefits of red beetroot supplementation in health and disease. *Nutrients*. 2015;7(4):2801-22.
14. 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).
15. Zamani H, de Joode M, Hossein IJ, Henckens NFT, Guggeis MA, Berends JE, et al. The benefits and risks of beetroot juice consumption: a systematic review. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2021;61(5):788-804.
16. Olsson H, Al-Saadi J, Oehler D, Pergolizzi J, Jr., Magnusson P. Physiological Effects of Beetroot in Athletes and Patients. *Cureus*. 2019;11(12):e6355.
17. Rojano-Ortega D, Peña-Amaro J, Berral-Aguilar AJ, Berral-de la Rosa FJ. Quercetin supplementation promotes recovery after exercise-induced muscle damage: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Biol Sport*. 2023;40(3):813-25.
18. Moreno B, Morencos E, Vicente-Campos D, Muñoz A, González-García J, Veiga S. Effects of beetroot juice intake on repeated performance of competitive swimmers. *Front Physiol*. 2022;13:1076295.
19. Ribeiro Antonieto N, Alves do Santos D, Ferreira Costa K, Raimundo Fernandes J, Carrenho Queiroz AC, Aedo Munoz EA, et al. Beetroot extract improves specific performance and oxygen uptake in taekwondo athletes: A double-blind crossover study. *Ido Movement for Culture Journal of Martial Arts Anthropology*. 2021;21(4):12-9.
20. Tatlici A, Cakmakci O. The effects of acute dietary nitrate supplementation on anaerobic power of elite boxers. *Med Dello Sport*. 2019;72:225-33.
21. Hashemi Fard ES, Ebrahimi M. The effect of acute consumption of red beet juice on aerobic and anaerobic power of amateur karate girls. *Journal of Sport and Exercise Physiology*. 2022;15(3):102-11.
22. Miraftebi H, Avazpoor Z, Berjisian E, Sarshin A, Rezaei S, Domínguez R, et al.

- Effects of Beetroot Juice Supplementation on Cognitive Function, Aerobic and Anaerobic Performances of Trained Male Taekwondo Athletes: A Pilot Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(19).
23. Hassanpour N, ghanbarpour a, Pourvaghari Mj, Khalafi M. The effect of different doses of acute consumption of beet juice supplement on anaerobic performance in trained individual. *Metabolism and Exercise*. 2022;12(1):89-107.
 24. Harms-Ringdahl M, Jenssen D, Haghdoust S. Tomato juice intake suppressed serum concentration of 8-oxodG after extensive physical activity. *Nutrition Journal*. 2012;11:1-5.
 25. Kordi R, Maffulli N, Wroble RR, Wallace WA. *Combat sports medicine*: Springer Science & Business Media; 2009.
 26. Paredes-Sánchez E, Montiel-Company JM, Iranzo-Cortés JE, Almerich-Torres T, Bellot-Arcís C, Almerich-Silla JM. Meta-Analysis of the Use of 8-OHdG in Saliva as a Marker of Periodontal Disease. *Dis Markers*. 2018;2018:7916578.
 27. Lotfi M, Azizi M, Tahmasebi W, Bashiri P. Acute beetroot juice intake: Hematological, antioxidant and lipid parameters in female athletes. *Research in Molecular Medicine*. 2019;7(1):42-50.
 28. Tayebi SM, Agha-Alinejad H, Shafaei S, Gharakhanlou R, Asouri M. Short-term effects of oral feeding jujube *Ziziphus* solution before a single session of circuit resistance exercise on apoptosis of human neutrophil. *Annals of Applied Sport Science*. 2014;2(1):53-68.
 29. Giv V, Aminaie M, Nikoei R. The effect of eight weeks beetroot juice supplement on aerobic, anaerobic power, and field performance of soccer players. *Research in sports medicine (Print)*. 2024;32(1):132-44.
 30. Khosravi S, Ahmadizad S, Yekaninejad M, Karami M, Djafarian K. The effect of beetroot juice supplementation on muscle performance during isokinetic knee extensions in male Taekwondo athletes. *Science & Sports*. 2021;36(6):483. e1-. e7.
 31. Nayik GA, Gull A. *Antioxidants in Vegetables and Nuts-Properties and Health Benefits*: Springer; 2020.
 32. Pandita D, Pandita A, Pamuru RR, Nayik GA. Beetroot. *Antioxidants in vegetables and nuts-properties and health benefits*. 2020:45-74.
 33. Kathiravan T, Nadasabapathi S, Kumar R. Standardization of process condition in batch thermal pasteurization and its effect on antioxidant, pigment and microbial inactivation of Ready to Drink (RTD) beetroot (*Beta vulgaris* L.) juice. *International Food Research Journal*. 2014;21(4).
 34. Domínguez R, Cuenca E, Maté-Muñoz JL, García-Fernández P, Serra-Paya N, Estevan MC, et al. Effects of Beetroot Juice Supplementation on Cardiorespiratory Endurance in Athletes. A Systematic Review. *Nutrients*. 2017;9(1).
 35. Arazi H, Eghbali E. Possible Effects of Beetroot Supplementation on Physical Performance Through Metabolic, Neuroendocrine, and Antioxidant Mechanisms: A Narrative Review of the Literature. *Frontiers in nutrition*.

- 2021;8:660150.
36. Kapil V, Khambata RS, Robertson A, Caulfield MJ, Ahluwalia A. Dietary nitrate provides sustained blood pressure lowering in hypertensive patients: a randomized, phase 2, double-blind, placebo-controlled study. *Hypertension (Dallas, Tex : 1979)*. 2015;65(2):320-7.
37. Additives EPoF, Food NSat. Scientific Opinion on the re-evaluation of beetroot red (E 162) as a food additive. *EFSA Journal*. 2015;13(12):4318.
38. Gökbel H. Acute exercise induced oxidative stress and antioxidant changes. *European Journal of General Medicine*. 2006;3(3):126-31.
39. Lechner JF, Stoner GD. Red beetroot and betalains as cancer chemopreventative agents. *Molecules*. 2019;24(8):1602.
40. Miraftabi H, Avazpoor Z, Berjisian E, Sarshin A, Rezaei S, Domínguez R, et al. Effects of beetroot juice supplementation on cognitive function, aerobic and anaerobic performances of trained male taekwondo athletes: A Pilot Study. *International journal of environmental research and public health*. 2021;18(19):10202.
41. Hassanpour N, Ghanbarpour A, Pourvaghar MJ, Khalafi M. The effect of different doses of acute consumption of beet juice supplement on anaerobic performance in trained individual. *Metabolism and Exercise*. 2022;12(1):[In Persian].