

Original Article

## The effects of beta-alanine supplementation and regular taekwondo training on anaerobic and aerobic performance in female taekwondo athletes

Elaheh Dianati<sup>1</sup>, Hamid Rajabi<sup>\*1</sup>, Neda Khaledi<sup>2</sup>, Sadegh Amani Shalmazari<sup>3</sup>

Sports Physiology Department, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

### Abstract

**Background and Purpose:** Beta-alanine supplement, which is a precursor of carnosine, may improve performance by providing a buffering effect. The purpose of this study was to investigate the effect of beta-alanine supplementation and regular Taekwondo training on anaerobic, aerobic, and endurance activity substrate metabolism in female Taekwondo athletes.

**Materials and Methods:** Twenty-four female professional taekwondo practitioners (age,  $18.0 \pm 2.5$  years), from Tehran province volunteered to participate in this research. Based on the body composition and training history, the subjects were divided into two groups ( $n=12$ ) of supplement and placebo. The pre-tests consisted of the an aerobic specific test (Progressive Specific Taekwondo Test, PSTT) including repeated strikes of Bandal-Tchagui to exhaustion time during a maximum duration of 15 minutes and a taekwondo anaerobic test (Frequency Speed of Kick Te, FSKT) including 5 sets of 10-second high-speed Bandal-Tchagui kicks with maximum strength. Furthermore, the substrate metabolism of the endurance activity was measured by a gas analyzer, and the  $VCO_2$ ,  $VO_2$ ,  $VO_{2peak}$ , HR, and  $HR_{peak}$  were measured. During and immediately after the test, the level of perception of fatigue was evaluated. Moreover, blood lactate levels were measured using a lactometer after the anaerobic and aerobic tests. After 28 days of receiving the supplement or placebo (5g/day) at the designated day times, the pre-test measurements were repeated. Repeated measures of ANOVA with between-group factor and Bonferroni post-hoc tests were used to compare the data.

**Results:** There was no significant difference between the two supplement and placebo groups for anaerobic capacity, aerobic capacity, and substrate metabolism ( $p < 0.05$ ). Although, both groups (supplement and placebo) showed significant improvements in the time to exhaustion and the number of steps to exhaustion in the post-test compared to the pre-test, these improvements were significantly higher in the supplement group compared to the placebo ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** During the research period, beta-alanine supplementation had only an effect on some performance indicators and probably more pronounced effects on the performance of elite athletes would be seen in the long term. However, this little gain can be important in professional athletes, and more studies are needed in this field for a concrete conclusion.

**Keywords:** Taekwondo-Specific Anaerobic Test, Taekwondo-Specific Aerobic Test, Fat Oxidation, Carbohydrate Oxidation, Beta-Alanine, Respiratory Exchange, Metabolism

**How to cite this article:** Dayanti E, Rajabi H, Khalidi N, Amani Shalmazari S. The effect of beta-alanine supplementation and regular taekwondo training on anaerobic and aerobic performance in female taekwondo athletes. *J Sport Exerc Physiol.* 2024;17(1):14-28.

\* Corresponding Author Email Address: [hrajabi@khu.ac.ir](mailto:hrajabi@khu.ac.ir)

<https://doi.org/10.48308/joeppa.2024.234013.1209>

Received: 09/01/2024

Revised: 14/04/2024

Accepted: 24/02/2024



## اثر مکمل‌یاری بتا‌آلانین و تمرین متداول تکواندو بر عملکرد بی‌هوازی و هوازی در زنان تکواندوکار تمرین‌کرده

الهه دیانته<sup>۱</sup>، حمید رجبی<sup>۲\*</sup>، ندا خالدی<sup>۳</sup>، صادق امانی شلمزاری<sup>۴</sup>

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

### چکیده

**زمینه و هدف:** مکمل بتا‌آلانین از پیش‌سازهای کارنوزین است و ممکن است با اثر تامپونی در بهبود عملکرد نقش داشته باشد. هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر یک دوره مکمل‌یاری بتا‌آلانین و تمرین متداول تکواندو بر عملکرد بی‌هوازی، هوازی و سوخت‌وساز سوبسترای فعالیت استقامتی در زنان تکواندوکار بود.

**مواد و روش‌ها:** ۲۴ نفر از دختران تکواندوکار حرفه‌ای (میانگین و انحراف معیار سن  $25.0 \pm 18/0$  سال) از استان تهران به‌صورت داوطلبانه در این تحقیق شرکت کردند. آزمودنی‌ها به دو گروه ۱۲ نفری مکمل و دارونما بر اساس ارزیابی ترکیب بدن و سوابق تمرینی به‌صورت تصادفی تقسیم شدند. پیش‌آزمون‌ها شامل اندازه‌گیری آزمون اختصاصی هوازی (PSTT) شامل ضربات مکرر باندال تی‌چاگی با حداکثر قدرت تا زمان رسیدن به واماندگی به مدت زمان ۱۵ دقیقه و آزمون بی‌هوازی تکواندو (FSKT) شامل پنج ست ۱۰ ثانیه‌ای ضربات سرعتی باندال تی‌چاگی بود. همچنین سوخت‌وساز سوبسترای فعالیت استقامتی توسط گاز آنالایزر سنجیده شد و فاکتورهای  $VO_2$ ,  $VCO_2$  و  $HR$ ,  $VO_2Peak$  ارزیابی شد. در حین و بلافاصله پس از اتمام آزمون میزان ادراک خستگی گرفته شد. همچنین سطح لاکتات خون با استفاده از لاکتومتر بعد از آزمون بی‌هوازی و هوازی سنجش شد. سپس روز بعد از پیش‌آزمون دریافت ۲۸ روزه مکمل یا دارونما به مقدار پنج گرم در روز در ساعت‌های تعیین‌شده آغاز شد و بلافاصله پس از اتمام دوره آزمون‌های مربوطه مجدداً ارزیابی شد. برای مقایسه گروه‌ها از آزمون آنوای مکرر با عامل بین‌گروهی و آزمون تعقیبی بنفرونی با سطح معناداری  $0.05$  استفاده شد.

**نتایج:** تفاوت معناداری بین دو گروه مکمل و دارونما در شاخص‌های عملکرد بی‌هوازی، هوازی و سوخت‌وساز سوبسترا وجود نداشت ( $P > 0.05$ ). با این حال، هر دو گروه (مکمل و دارونما)، در متغیرهای زمان واماندگی و تعداد مراحل رسیدن به واماندگی بهبود معناداری را در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون نشان دادند، ولی این بهبودی در گروه مکمل نسبت به کنترل معنادار بود ( $P < 0.05$ ).

**نتیجه‌گیری:** مکمل‌یاری بتا‌آلانین در طول دوره تحقیق، تنها بر برخی از شاخص‌های عملکردی تأثیر داشت و احتمالاً در بلندمدت تأثیرات مشهودتری بر عملکرد ورزشکاران نخبه داشته باشد. اما این تأثیرات کم می‌تواند در ورزشکاران حرفه‌ای حائز اهمیت باشد، به هر حال برای نتیجه‌گیری قطعی، به تحقیقات بیشتری در این زمینه نیاز است.

**واژه‌های کلیدی:** آزمون بی‌هوازی اختصاصی تکواندو، آزمون هوازی اختصاصی تکواندو، اکسیداسیون چربی، اکسیداسیون کربوهیدرات، بتا‌آلانین، تبادل تنفسی، متابولیسم

**نحوه استناد به این مقاله:** دیانته، ا. رجبی، ح. خالدی، ن. امانی شلمزاری ص. اثر مکمل‌یاری بتا‌آلانین و تمرین متداول تکواندو بر عملکرد بی‌هوازی و هوازی در زنان تکواندوکار تمرین‌کرده. نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی. ۱۴۰۳؛ ۱۷(۱): ۱۴-۲۸.

\* رایانامه نویسنده مسئول: hrajabi@khu.ac.ir

## مقدمه

هدف اصلی ورزشکاران و مربیان رسیدن به اوج عملکرد ورزشی است. اجرای بهینه و مطلوب مهارت‌ها و عملکردهای هوازی و بی‌هوازی ورزشی حاصل تعامل پیچیده عوامل فیزیولوژیکی، آنتروپومتریکی، روان‌شناختی، زیست‌حرکتی و تغذیه‌ای با یکدیگر است. ورزش تکواندو در ایران به دلیل کسب افتخارات بسیار از سوی تکواندوکاران کشورمان در عرصه‌های بین‌المللی، رقابت را در این رشته ورزشی بسیار فشرده و دشوار کرده است و آمادگی‌های هوازی و بی‌هوازی از عوامل مهم فیزیولوژیک در عملکرد این رشته محسوب می‌شوند. ظرفیت بالای هوازی به تکواندوکاران کمک می‌کند تا بتوانند در جریان یک مسابقه یا تورنمنت چندین بار به رقابت بپردازند، از طرفی داشتن توان بی‌هوازی بالا سبب می‌شود تکواندوکار در اجرای فعالیت‌های کوتاه‌مدت از جمله حرکات سریع حمله یا ضدحمله، اجرای مناسبی داشته باشد (۱). از طرفی، هنگام مبارزه یا مجموعه‌ای از مبارزه‌ها در یک تورنمنت، عملکرد سیستم‌های متابولیکی و عصبی-عضلانی برای استمرار فعالیت کاهش می‌یابد و انقباض عضلانی نمی‌تواند برای طولانی‌مدت حفظ شود، در نتیجه کاهش کارایی بهینه در ورزشکاران آشکار می‌شود که در مجموع به‌عنوان خستگی شناخته می‌شود (۲).

در طول تمرینات تکواندو به‌صورت کوتاه‌مدت و با شدت بالا، چندین عامل نقش کلیدی در خستگی عضلانی بازی می‌کنند که برخی از این عوامل شامل کاهش کارایی پیوندگاه عصبی-عضلانی و کاهش آزادسازی و بازجذب کلسیم (به مهار انقباض عضلانی منجر می‌شود) است (۳، ۴). همچنین تخلیه ذخایر سوختی مانند ATP، تولید رادیکال‌های آزاد ناشی از فشار اکسایشی و تجمع درون عضلانی چندین متابولیت، مانند آدنوزین دی‌فسفات، فسفات غیرآلی و یون‌های هیدروژن، جز سازوکارهای پیشنهادشده برای خستگی

هستند. در همین زمینه ورزشکاران برای کسب برتری و کاهش عوامل خستگی‌آور و یا افزایش تحمل در برابر خستگی در حین مسابقات ورزشی به داروها و مکمل‌های نیروافزا روی می‌آورند (۵). سال‌هاست که ورزشکاران از بتا‌آلانین و نوشیدنی‌های ورزشی که مدعی به تأخیر انداختن یا کاهش میزان درک خستگی‌اند، استفاده می‌کنند (۶).

بتا‌آلانین با افزایش مقادیر کارنوزین عضله می‌تواند به‌عنوان تامپون برای کاهش اسیدیته در عضلات فعال در طول فعالیت با شدت بالا عمل کند. این مکمل، یک اسید آمینه غیرضروری است که در کبد به‌عنوان متابولیت نهایی از احیای بازهای آلی نیتروژن‌دار اوراسیل و تیمین ساخته می‌شود. بتا‌آلانین در ترکیب با اسید آمینه ضروری هیستیدین سبب تشکیل کارنوزین در سلول عضلانی می‌شود که می‌تواند اسیدوز ناشی از فعالیت‌های ورزشی با شدت بالا را تا حد زیادی در عضلات به‌ویژه تارهای عضلانی تندانقباض کاهش دهد. در مجموع، کارنوزین یک دی‌پپتید چندکاره است که نقش‌های زیادی مانند بافرینگ، مبارزه با رادیکال‌های آزاد، تنظیم‌کننده فعالیت آنزیم‌ها و تنظیم کلسیم شبکه سارکوپلاسمیک را دارد. کارنوزین در بدن انسان توسط آنزیم کارنوزیناز که بیشتر در بافت‌هایی غیر از عضلات اسکلتی وجود دارد، شکسته می‌شود و تا حدودی نشان می‌دهد که چرا غلظت کارنوزین در بافت عضله بیشتر از سایر بافت‌هاست (۸). تشکیل و تجمع یون هیدروژن ( $H^+$ ) در عضله موجب اختلال در بازسازی دستگاه کراتین فسفات، مهار گلیکولیز و اختلال در تحریکات انقباضی می‌شود و کاهش PH در وهله اول اثر محدودکننده‌ای بر طول اجرای فعالیت دارد و ایجاد خستگی مرکزی و محیطی را سریع‌تر می‌گرداند (۹). بنابراین با توجه به اینکه بتا‌آلانین در عضله ساخته نمی‌شود، مورد توجه ورزشکاران در رشته‌هایی که

خستگی اسیدوزی در آنها ایجاد می‌شود، قرار گرفته است.

پژوهش‌های گذشته نشان داده‌اند که تمرینات شدید ممکن است غلظت کارنوزین عضله را افزایش دهند، ولی مصرف مکمل بت‌آل‌آنین غلظت کارنوزین عضله را بیشتر از تمرین به‌تنهایی افزایش دهد. اگرچه مکمل بت‌آل‌آنین غلظت کارنوزین عضلانی را در هر دو نوع جمعیت فعال و غیرفعال بالا می‌برد، ولی نشان داده شده است که میزان افزایش آن در افراد ورزشکار بیشتر از غیرورزشکاران است (۱۰). به‌طور مثال، خلید و همکاران (۲۰۲۳) نشان داده‌اند که چهار هفته مکمل یاری بت‌آل‌آنین سبب افزایش کارنوزین عضله و کاهش خستگی در تکواندوکاران مرد و بوکسورها می‌شود (۱). همچنین بسیاری از تحقیقات نشان داده‌اند که مصرف مکمل بت‌آل‌آنین سبب افزایش ظرفیت هوازی و بی‌هوازی ورزشکاران مختلف می‌شود (۱۹، ۲۱-۲۳). به هر حال بر اساس نتایج برخی پژوهش‌ها میزان خستگی پس از مصرف مکمل بت‌آل‌آنین تغییری ندارد و این مکمل بر ظرفیت هوازی و بی‌هوازی ورزشکاران بی‌تأثیر است (۱۲، ۱۳). اغلب این تحقیقات از آزمون‌های غیراختصاصی عمومی همچون وینگیت و همچنین روش‌شناختی متفاوت استفاده کرده‌اند (۱۴) که این می‌تواند از جمله دلایل این تناقضات باشد. با توجه به اینکه بت‌آل‌آنین به‌عنوان مکملی جدید در صنعت مکمل‌های ورزشی می‌تواند کاربردی در خواص بافرینگ  $H^+$  و بهبود ظرفیت تامپونی داشته باشد (۱۰، ۱۵) و برای ارتقا و بهبود سطح عملکرد و به تعویق انداختن خستگی در میان مربیان ورزشکاران استفاده شود (۱۵) و از آنجایی که ورزش تکواندو یک فعالیت تناوبی است که به‌وسیله دوره‌هایی با سرعت بالا و متناوب و شدت کم شناخته شده است و همچنین تولید اسید لاکتیک، رادیکال‌های آزاد ناشی از فشار اکسایشی اکسیداتیو و تجمع درون عضلانی چندین متابولیت، مانند آدنوزین

دی‌فسفات، فسفات غیرآلی و یون‌های هیدروژن در این رشته ورزشی اجتناب‌ناپذیر است (۱۶)، به‌نظر می‌رسد که استفاده از مکمل بت‌آل‌آنین بتواند در بهبود عملکرد ورزشی تکواندوکاران مؤثر باشد. از این‌رو این تحقیق با هدف تعیین اثر چهار هفته مکمل‌دهی بت‌آل‌آنین بر عملکرد هوازی و بی‌هوازی دختران تکواندوکار با ارزیابی از طریق آزمون‌های اختصاصی تکواندو انجام می‌گیرد تا مشخص شود این مکمل می‌تواند اثر ارگوژنیک بر عملکرد هوازی و بی‌هوازی تکواندوکاران داشته باشد تا با به تأخیر انداختن خستگی عملکرد دختران تکواندوکار را افزایش دهد و یا خیر.

### روش پژوهش

روش تحقیق حاضر از نوع کاربردی با روش نیمه‌تجربی و طرح پیش و پس‌آزمون بود که در آن تأثیر یک دوره مکمل‌یاری بت‌آل‌آنین و تمرین متداول تکواندو بر عملکرد بی‌هوازی، هوازی و سوخت‌وساز سوبسترای فعالیت استقامتی در زنان تکواندوکار در دو گروه آزمودنی مکمل و دارونما به‌صورت دوسویه‌کور بررسی شد.

**نمونه‌های پژوهش:** آزمودنی‌های این تحقیق ۲۴ نفر از دختران تکواندوکار حرفه‌ای از استان تهران بودند. این افراد به روش در دسترس و هدفمند از باشگاه‌های استان تهران انتخاب شدند و داوطلبانه در این تحقیق شرکت کردند. پس از همگن‌سازی بر اساس سابقه فعالیت (تعداد سال‌های تمرین، سوابق قهرمانی) به‌صورت تصادفی ساده به دو گروه مکمل و دارونما تقسیم شدند. معیارهای ورود به تحقیق عدم مصرف هرگونه مکمل، ویتامین‌ها، مواد مخدر، نداشتن آسیب و بیماری خاص به‌همراه سوابق تمرینی حرفه‌ای (حداقل سه روز در هفته به مدت چهار سال با بازی در لیگ استان تهران یا کشور) بود و در صورت هرگونه تغییرات خاص در تغذیه، سبک زندگی، تمرینات و مصرف دخانیات و

شاخص توده بدن (مقدار وزن بر مجذور قد به متر)، درصد توده چربی بدن، توده بدون چربی بدن و نسبت دور کمر به باسن و سابقه ورزشی بازیکنان ثبت شد (جدول ۱).

مکمل از پژوهش خارج می‌شدند. تمامی مراحل و روش کار برای آزمودنی‌ها توضیح داده شد، سپس برگه سلامت پزشکی و رضایت‌نامه شرکت در تحقیق گرفته شد و مشخصات کلی بازیکنان از جمله سن، قد، وزن،

جدول ۱. مشخصات پیکرسنجی تکواندوکاران، انحراف معیار  $\pm$  میانگین

گروه	دارونما	مکمل
سن (سال)	۱۸/۲۰ $\pm$ ۲/۴۰	۱۷/۸۰ $\pm$ ۲/۷۰
قد (سانتی‌متر)	۱۶۵/۲۰ $\pm$ ۰/۰۳	۱۶۷/۰۰ $\pm$ ۴/۹۰
وزن (کیلوگرم)	۵۳/۲۱ $\pm$ ۷/۹۰	۵۵/۵۰ $\pm$ ۱۰/۳۰
شاخص توده بدن (کیلوگرم بر مترمربع)	۱۹/۱۱ $\pm$ ۲/۲۰	۱۸/۵۵ $\pm$ ۶/۰۵
توده چربی بدن (درصد)	۱۹/۰۴ $\pm$ ۵/۱۱	۲۱/۳۹ $\pm$ ۶/۶۹
توده بدون چربی بدن (درصد)	۴۲/۸۰ $\pm$ ۴/۱۶	۴۲/۱۶ $\pm$ ۵/۰۳
نسبت دور کمر به باسن (نسبت)	۰/۷۰ $\pm$ ۰/۰۴	۰/۶۸ $\pm$ ۰/۱۲
سابقه تمرین (سال)	۸/۰۹ $\pm$ ۳/۹۰	۸/۲۰ $\pm$ ۲/۳۰

صبحانه استاندارد تعیین شده بر اساس وزن هر بازیکن و ۱۵ دقیقه پیش از شروع پیش‌آزمون به مدت ۱۰ دقیقه پروتکل گرم کردن را که حاوی دو نوبت ۲۰ ضربه‌ای پا رو به جلو (آپ چاگی) و سه نوبت ۲۰ تایی باندا ل تی چاگی بود، روی میت با سرعت متوسط انجام دادند (۱۷) و پس از دو تا سه دقیقه استراحت، برای اجرای آزمون‌های اصلی به شرح زیر آماده شدند:

۱. اجرای آزمون (Frequency Speed of Kick Test) FSKT Multi برای بررسی اوج و میانگین توان بی‌هوازی در پنج تکرار ۱۰ ثانیه‌ای و پس از هر آزمون FSKT بلافاصله از آزمودنی‌ها میزان ادراک خستگی ارزیابی شد؛

۲. پس از پنج دقیقه استراحت، آزمون اختصاصی (Progressive Specific Taekwondo Test) PSST برای بررسی توان هوازی، مدت زمان رسیدن به واماندگی و بررسی سوبسترای سوخت‌وساز هوازی تکواندوکاران توسط گاز آنالایزر همراه با بررسی همزمان فاکتورهای  $VO_2$ ,  $VCO_2$  و  $VO_2$  Peak، HR و HR Peak صورت گرفت. در حین و بلافاصله پس از اتمام آزمون میزان ادراک خستگی گرفته شد؛

۳. پس از ۱۵ دقیقه استراحت میزان سطح لاکتات خون

**روش اجرای پژوهش:** در ابتدا، از باشگاه‌های تهرانی حاضر در لیگ تکواندو استان تهران دعوت شد تا در پژوهش شرکت کنند. حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار GxPower (دوسلدورف، آلمان) برآورد شد. تعداد تخمینی آزمودنی‌ها با در نظر گرفتن معیار رد ۰/۰۵، توان ۰/۸۵ (۱-بتا) و اندازه اثر بزرگ ( $f=0/65$ ) داشتند، با توجه به آزمون آماری مورد استفاده، ۱۲ نفر بود. سپس، داوطلبان به دانشگاه خوارزمی فرا خوانده شدند و در آنجا نحوه انجام پروتکل و کار با دستگاه‌ها آموزش داده شد. در این جلسه، آزمودنی‌ها برگه رضایت‌نامه شرکت در پژوهش را تکمیل کردند. در این جلسه اندازه‌گیری قد، وزن، BMI (مقدار وزن بر مجذور قد به متر) و درصد چربی بازیکنان صورت گرفت. سوابق ورزشی (فرم مشخصات کلی بازیکن)، وضعیت چرخه قاعدگی (پرسشنامه چرخه قاعدگی)، کیفیت خواب (پرسشنامه کیفیت خواب ASSQ)، وضعیت تغذیه (پرسشنامه بسامد خوراکی ۲۴ ساعته) ۴۸ ساعت قبل از اجرای پیش و پس‌آزمون و میزان نسبت خستگی آزمودنی‌ها (شاخص هوپر) در شب قبل از اجرای پیش و پس‌آزمون تکمیل شد.

در پیش‌آزمون آزمودنی‌ها سه ساعت پس از صرف

سیگما) به مقدار پنج گرم در روز (در پنج تکرار رأس ساعت‌های ۱۰، ۱۳، ۱۶، ۱۹ و ۲۱ به مقدار یک گرم با یک لیوان آب) میل کردند. همچنین از آزمودنی‌ها درخواست شد در صورت بروز عوارض، آزمونگر را آگاه سازند. در نهایت پس از چهار هفته مجدداً از شرکت‌کنندگان آزمون‌های ذکر شده با شرایط همسان پیش‌آزمون، گرفته شد (شکل ۱).

با استفاده از لاکتومتر اندازه‌گیری شد؛

۴. مجدداً آزمون FSKT Multi اجرا شد (۱۸)؛

۵. سه دقیقه بعد، میزان سطح لاکتات خون مجدداً اندازه‌گیری شد.

پس از انجام پیش‌آزمون‌ها، آزمودنی‌ها به دو گروه ۱۲ نفری مکمل و دارونما تقسیم شدند و به مدت ۲۸ روز از مکمل بتاآلانین (برند بالک) یا دارونما دکستروز (برند



شکل ۱. طرح شماتیک تحقیق

بیشترین تعداد ضربات و شاخص کاهش ضربات (Kick KDI Decrement Index) در نظر گرفته شد. این شاخص به میزان کاهش عملکرد در طی آزمون اشاره دارد که درصد آن از فرمول زیر به دست می‌آید (۲۰).

$$KDI (\%) = \left[ 1 - \frac{FSKT1 + FSKT2 + FSKT3 + FSKT4 + FSKT5}{Best\ FSKT \times Number\ of\ Sets} \right] \times 100$$

سنجش توان هوازی با استفاده از آزمون PSTT: برای بررسی توان هوازی تکواندوکاران و تغییرات آن پیش و پس از مکمل‌گیری از آزمون پیشرونده اختصاصی تکواندو PSTT استفاده شد. PSTT ابزاری معتبر برای ارزیابی قدرت و ظرفیت هوازی ورزشکاران تکواندو بر اساس مقایسه مستقیم با آزمون تردمیل است (۲۱). نحوه انجام این آزمون بدین صورت بود که تکواندوکاران

برنامه تمرینی متداول تکواندو: شامل ۳۰ دقیقه گرم کردن (دویدن، طناب زدن، حرکات پویایی، کششی و بدنسازی)، سپس به مدت ۶۰-۹۰ دقیقه تمرینات تکنیک و تاکتیک، مبارزه و انعطاف‌پذیری طبق برنامه مربیان حداقل سه بار در هفته بود.

سنجش توان بی‌هوازی با استفاده از آزمون FSKT: برای بررسی توان بی‌هوازی تکواندوکاران و تغییرات آن پیش و پس از مکمل‌گیری از آزمون سرعت تکرار ضربه FSKT استفاده شد. FSKT<sub>MULTI</sub> یک روش جدید به جای آزمون وینگیت، با در نظر گرفتن تعداد ضربات بانداال تی چاگی (یکی از پرکاربردترین ضربات تکواندو) در پنج تکرار ۱۰ ثانیه‌ای است که به بررسی عملکرد بی‌هوازی تکواندوکاران می‌پردازد (۱۹). برای دستیابی به عملکرد بی‌هوازی تعداد ضربات زده شده در هر نوبت،

انسانی انجام گرفت و کمیته اخلاق در پژوهش، پژوهشگاه علوم ورزشی ایران با شناسه IR.SSRC.REC.1402.183 این پژوهش را از نظر اخلاقی تأیید کرد.

**تحلیل آماری:** برای توصیف یافته‌ها از شاخص‌های گرایش مرکزی و پراکندگی استفاده شد. آزمون شاپیرو-ویلک برای بررسی نرمال بودن داده‌ها و از آزمون لون برای بررسی برابری واریانس متغیرهای موردنظر استفاده شد. برای مقایسه گروه‌ها از آزمون آنوای مکرر با عامل بین‌گروهی استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ انجام گرفت و سطح معناداری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

### نتایج

ابتدا با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک طبیعی بودن توزیع داده‌های همه متغیرهای تحقیق حاضر تأیید شد ( $P > 0/05$ ). نتایج آزمون آنوای مکرر (۲×۴) با عامل بین‌گروهی نشان داد که تفاوت معنادار بین دو گروه در شاخص KDI وجود ندارد. همچنین نتایج آزمون آنوای نشان داد که میانگین شاخص KDI بین دو گروه پیش و پس از ۲۸ روز اعمال مداخله تفاوت معنادار وجود نداشت (جدول ۴-۳). با این حال، در دو گروه (مکمل و دارونما) در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون در متغیرهای زمان واماندگی و تعداد مراحل رسیدن به واماندگی تفاوت معنادار داشتند، به طوری که این معناداری به نفع گروه مکمل بود ( $P < 0/05$ ).

تا حد توان با صدای بوق با حداکثر قدرت ضربه بانداال تی چاگی را تا هر مرحله‌ای از توان خود با دو پا اجرا می‌کنند. کل مدت زمان آزمون حدود ۱۵ دقیقه است، که آزمودنی‌ها تا رسیدن به زمان واماندگی مراحل را پشت سر گذاشتند.

نحوه سنجش سوخت‌وساز سوبسترای فعالیت استقامتی: در طول اجرای آزمون PSTT آزمودنی‌ها به دستگاه گازآنالیزر وصل بودند و اکسیژن مصرفی ( $VO_2$ )، دی‌اکسید کربن ( $VCO_2$ )، اوج اکسیژن مصرفی  $VO_{2Peak}$ ، ضربان قلب HR، اوج ضربان قلب  $HR_{Peak}$ ، نسبت تبادل تنفسی (RER) و سوخت‌وساز سوبسترا توسط دستگاه پیش از فعالیت و طی فعالیت ثبت شد. اندازه‌گیری ادراک خستگی: برای اندازه‌گیری میزان درک سختی و فشار در حین فعالیت بدنی از میزان ادراک خستگی (Rating of Perceived Exertion) اصلاح‌شده، استفاده شد. در مقیاس RPE اصلاح‌شده که با عنوان شاخص طبقه‌بندی بورگ (CR10) نیز شناخته می‌شود، در واقع شاخص بورگ CR10 مشابه همان مقیاس اصلی است، با این تفاوت که میزان درد نیز در این مقیاس در نظر گرفته می‌شود. این مقیاس از ۰ تا ۱۰ متغیر بوده که ۰ کمترین و ۱۰ بالاترین نمره است. مسائل اخلاقی تحقیق: شرکت در این تحقیق به صورت داوطلبانه بود و آزمودنی‌ها مجاز بودند که در هر یک از مراحل تحقیق از ادامه کار انصراف دهند. تمامی اقدامات مطابق با اعلامیه اخلاقی هلسینکی در مورد آزمودنی‌های

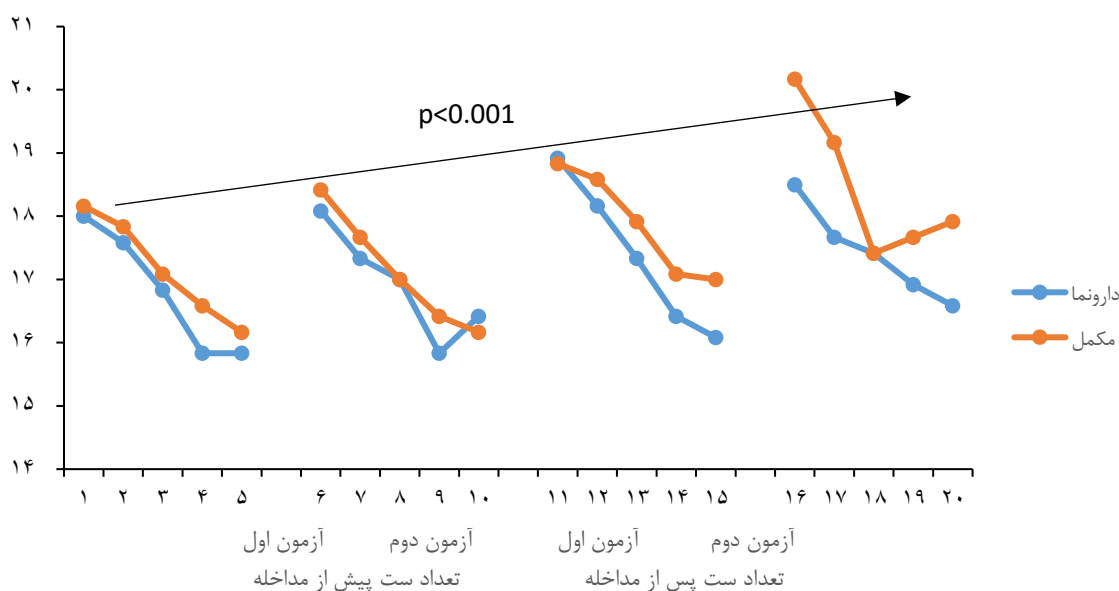
جدول ۲. تحلیل شاخص‌های عملکرد بی‌هوازی

$\eta^2$	P	F	آماره	پس از مداخله		پیش از مداخله		گروه	شاخص
				آزمون اول	آزمون دوم	آزمون اول	آزمون دوم		
۰/۰۵۵	۰/۲۸۷	۱/۲۸۵	تعامل	۰/۰۸ ± ۰/۰۴۵	۰/۰۶ ± ۰/۰۴۱	۰/۰۸ ± ۰/۰۵	۰/۱۲ ± ۰/۱۷	دارونما	KDI (درصد)
۰/۰۱۸	۰/۷۴۹	۰/۴۰۶	زمان	۰/۰۷ ± ۰/۰۳۷	± ۰/۰۳۹	۰/۰۷ ± ۰/۰۳۴	± ۰/۰۲۹	مکمل	
					۰/۰۸		۰/۰۹		
۰/۰۷۰	۰/۱۸۳	۱/۶۶	تعامل	۹۲/۳۳ ± ۱/۹۲	۸۹/۴۱ ± ۲/۴۹	۸۵/۶۶ ± ۱/۹۶	± ۲/۶۹	دارونما	تعداد کل ضربات
							۸۴/۴۱		
۰/۲۹۲	۰/۰۰۰*	۹/۰۸	زمان	۸۷/۰۸ ± ۱/۳۴	۸۶/۹۱ ± ۱/۳۸	۸۴/۶۶ ± ۱/۸۳	± ۱/۵۱	مکمل	
							۸۴/۰۸		

تفاوت معنادار وجود دارد، سایر مقایسه‌ها تفاوت معنادار نداشتند ( $P > 0.05$ ).

نتایج آزمون آنوای مکرر ( $2 \times 20$ ) با عامل بین گروهی نشان داد که تفاوت معنادار بین دو گروه در شاخص تعداد ضربات هر نوبت وجود ندارد ( $P = 0.256$ ,  $\eta^2 = 0.052$ ,  $F_{(19,418)} = 1.19$ ). این، نتایج آزمون آنوا نشان داد که از نظر زمان (Time) قبل و بعد از ۲۸ روز اعمال مداخله تفاوت معنادار در هردو گروه وجود دارد ( $F_{(19,418)} = 15.94$ ), ( $P < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.420$ ) (شکل ۲).

نتایج آزمون آنوای مکرر ( $2 \times 4$ ) با عامل بین گروهی نشان داد که تفاوت معنادار بین دو گروه در شاخص تعداد کل ضربات وجود ندارد. با وجود این، نتایج آزمون آنوا نشان داد که از نظر زمان پیش و پس از ۲۸ روز اعمال مداخله تفاوت معنادار در هردو گروه وجود داشت (جدول ۲). نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی نشان داد که بین آزمون اول پس از ۲۸ روز اعمال مداخله و آزمون اول پیش از اعمال مداخله ( $P = 0.007$ ) و همچنین بین آزمون بی‌هوازی دوم پس از ۲۸ روز اعمال مداخله و آزمون بی‌هوازی دوم پیش از اعمال مداخله ( $P = 0.001$ )



شکل ۲. تعداد ضربات در هر ست در پیش و پس آزمون در دو گروه دارونما و مکمل.

از ۲۸ روز اعمال مداخله صرف نظر از نوع گروه، تفاوت معناداری بین پیش آزمون و پس آزمون وجود نداشت. نتایج آزمون آنوای مکرر ( $2 \times 2$ ) با عامل بین گروهی نشان داد که تفاوت معناداری بین دو گروه در پیش آزمون و پس آزمون در شاخص تعداد مراحل واماندگی وجود ندارد. همچنین نتایج آزمون آنوا نشان داد که از نظر زمان پیش و پس از ۲۸ روز اعمال مداخله صرف نظر از نوع گروه، تفاوت معناداری بین پیش آزمون و پس آزمون وجود داشت (جدول ۳).

نتایج آزمون آنوای مکرر ( $2 \times 2$ ) با عامل بین گروهی نشان داد که تفاوت معناداری بین دو گروه در شاخص زمان واماندگی در آزمون PSTT وجود ندارد. همچنین، نتایج آزمون آنوا نشان داد که از نظر زمان پیش و پس از ۲۸ روز اعمال مداخله صرف نظر از نوع گروه، تفاوت معناداری بین پیش آزمون و پس آزمون وجود داشت. تفاوت معناداری بین دو گروه در پیش آزمون و پس آزمون در شاخص  $Vo_{2max}$  وجود نداشت. همچنین نتایج آزمون آنوا نشان داد که از نظر زمان پیش و پس

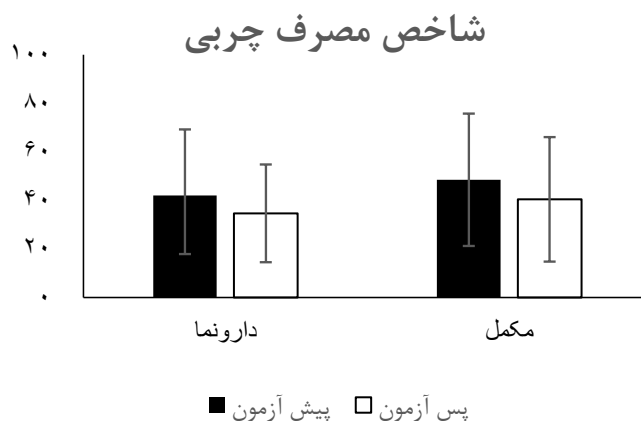


جدول ۳. تحلیل شاخص‌های عملکرد بی‌هوازی

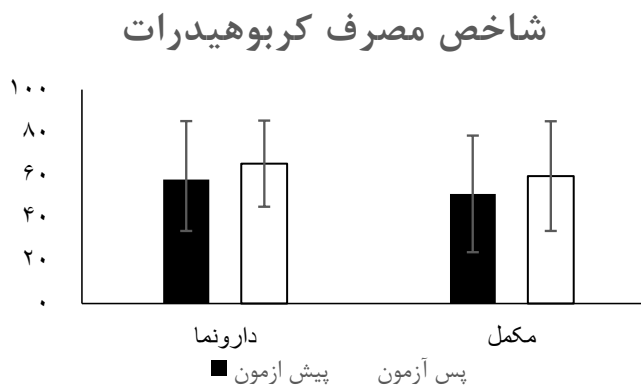
شاخص	گروه	پیش آزمون	پس آزمون	درصد تغییرات	آماره	df	F	P	$\eta^2$
زمان واماندگی	دارونما	۱۰/۳۹±۰/۹۸	۱۱/۷۱±۱/۰۰	۱۲/۷۰	تعامل	(۱,۲۲)	۰/۷۳۵	۰/۴۰۱	۰/۰۳۲
	مکمل	۱۰/۳۷±۱/۰۵	۱۲/۴۳±۰/۸۰	۱۹/۸۶	زمان	(۱,۲۲)	۱۵/۷۱	۰/۰۰۱*	۰/۴۱۷
Vo2 max	دارونما	۳۷/۰۷±۶/۲۵	۳۷/۱۷±۷/۴۴	۰/۲۶	تعامل	(۱,۲۲)	۰/۰۰۱	۰/۹۷۹	۰/۰۰۱
	مکمل	۳۳/۲۱±۸/۲۰	۳۳/۱۶±۶/۰۱	-۰/۱۵	زمان	(۱,۲۲)	۰/۰۰۵	۰/۹۴۶	۰/۰۰۱
مرحله واماندگی	دارونما	۸/۹۱±۳/۰۲	۱۰/۰۸±۳/۱۱	۱۳/۱۳	تعامل	(۱,۲۲)	۱/۱۷	۰/۲۰۴	۰/۰۷۲
	مکمل	۸/۹۰±۳/۳۱	۱۱/۰۰±۲/۵۵	۲۳/۵۹	زمان	(۱,۲۲)	۲۱/۵۸	*۰/۰۰۱	۰/۴۹۵

نتایج آزمون آنوای مکرر (۲×۲) با عامل بین‌گروهی نشان داد که تفاوت معنادار بین دو گروه در مقدار مصرفی وجود ندارد. همچنین نتایج آزمون آنوای نشان داد که از نظر زمان پیش و پس از ۲۸ روز اعمال مداخله صرف‌نظر از نوع گروه، تفاوت معناداری بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون وجود نداشت (شکل ۳).

نتایج آزمون آنوای مکرر (۲×۲) با عامل بین‌گروهی نشان داد که تفاوت معناداری بین دو گروه در مقدار کربوهیدرات مصرفی وجود ندارد. همچنین نتایج آزمون آنوای نشان داد که از نظر زمان پیش و پس از ۲۸ روز اعمال مداخله صرف‌نظر از نوع گروه، تفاوت معناداری بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون وجود نداشت (شکل ۴).



شکل ۳. میانگین و انحراف استاندارد شاخص مصرف چربی ۳۰ ثانیه آخر آزمون PSTT در دو گروه مکمل و دارونما



شکل ۴. میانگین و انحراف استاندارد شاخص مصرف کربوهیدرات ۳۰ ثانیه آخر آزمون PSTT در دو گروه مکمل و دارونما

## بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر مکمل یاری بتآلآنین به همراه تمرینات متداول تکواندو بر شاخص های بی هوازی، هوازی و سوخت و ساز سوبسترا روی دختران تکواندوکار انجام گرفت و نتایج نشان داد که تفاوت معناداری بین دو گروه مکمل و دارونما پس از چهار هفته تمرین متداول تکواندو در شاخص های KDI، تعداد کل ضربات، زمان و مراحل واماندگی، حداکثر اکسیژن مصرفی، درصد چربی مصرفی و کربوهیدرات وجود ندارد، با این حال، اختلاف معناداری بین دو گروه در زمان واماندگی و تعداد مراحل رسیدن به واماندگی مشاهده شد که بیانگر این است که مکمل یاری بتآلآنین در یک دوره کوتاه مدت، بر عملکرد می تواند تأثیر گذار باشد.

به طور کلی، ورزشکاران موفق در تورنمنت های تکواندو هم ظرفیت بی هوازی بالاتر و هم تکنیک بهتری داشته اند (۲۲). تحقیقات مختلف نشان داده اند که تمرینات ورزشی از طریق افزایش غلظت کارنوزین عضله سبب افزایش ظرفیت سوخت و ساز هوازی و بی هوازی می شوند (۱۲، ۲۳). همچنین بسیاری از تحقیقات نشان داده اند که مصرف مکمل بتآلآنین سبب افزایش ظرفیت هوازی و بی هوازی ورزشکاران مختلف می شود (۱۱، ۲۴-۲۶). با وجود این، عملکرد بی هوازی در این تحقیق با استفاده از شاخص های KDI و تعداد کل ضربات سنجیده شد، که نتایج نشان داد تفاوتی بین دو گروه در متغیرهای یاد شده وجود نداشت. با وجود این، تمرینات متداول تکواندو با و بدون مکمل بتآلآنین سبب کاهش شاخص KDI و افزایش تعداد کل ضربات در پس آزمون نسبت به پیش آزمون شد. اگرچه تاکنون تحقیقی روی تکواندوکاران صورت نگرفته است، اما پژوهش های زیادی اثربخشی مصرف طولانی مدت بتآلآنین را بر عملکرد آزمون وینگیت در ورزشکاران مختلف بررسی کرده اند (۱۱، ۱۵، ۲۷-۳۰)، در حالی که

تنها چند تحقیق روی ورزشکاران هنرهای رزمی انجام شده است (۱۱، ۲۷-۲۹). این تحقیقات نتایج متناقضی ارائه داده و تأثیر مثبت (نسبت به تمرین به تنهایی) (۲۹) یا عدم تأثیر مصرف مزمن بتآلآنین (نسبت به تمرین به تنهایی) را نشان داده اند (۱۱، ۲۷، ۲۸). تحقیق دیگری به مقایسه توان بی هوازی و ظرفیت هوازی در دو بخش کیوروگی و پومسه تکواندوکاران پرداخته و به برتری کیوروگی کاران نسبت به پومسه کاران اشاره کرده است. با توجه به بالا بودن دو فاکتور ذکر شده احتمال می رود با توجه به کیوروگی کار بودن آزمودنی های تحقیق حاضر بتآلآنین می تواند اثربخشی کمتری نشان دهد (۳۱). تنها نتایج یک مطالعه روی ورزشکاران جودو نشان داد استفاده از بتآلآنین سبب بهبود در آزمون وینگیت اندام فوقانی شد (۲۹) که با نتایج فعلی مطابقت ندارد. این اختلاف می تواند به این دلیل باشد که ارزیابی مطالعه ما روی اندام تحتانی با استفاده از آزمون های ویژه تکواندو بود، این در حالی است که در تحقیق کچمارک و همکاران (۲۰۱۶) از آزمون وینگیت و اندام فوقانی استفاده شده است. از طرفی، یکی از دلایل عدم تأثیر گذاری مکمل بتآلآنین می تواند به دوره کوتاه مدت مکمل یاری و دوز مصرفی پایین تر در تحقیق حاضر (۲۸ روز به مقدار پنج گرم در روز) اشاره کرد، چراکه نشان داده شده است که مصرف حداقل چهار هفته بتآلآنین (۶/۴ گرم در روز) ممکن است عملکرد در ورزش هایی را که با تقاضای بی هوازی مشخصی همراه اند، بهبود بخشد. به طور مثال دونون و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیق خود روی ورزشکاران جوان بوکسور نشان دادند که چهار هفته مکمل یاری بتآلآنین (شش گرم در روز) سبب افزایش تعداد ضربات بوکسورها نسبت به پیش آزمون شد (۳۲). این در حالی است که مصرف پنج گرم در روز سبب تفاوت معنادار بین دو گروه نشد، این نشان می دهد که میزان دوز مصرفی تا چه اندازه می تواند مؤثر واقع شود. تأثیر مثبت

فوق‌بیشینه به‌همراه مکمل‌یاری بتا‌آلانین سبب افزایش معنادار در عملکرد هوازی و اکسیژن مصرفی می‌شود (۳۹). با وجود این، افزایش زمان رسیدن به واماندگی (۲۰ درصد) و مراحل واماندگی (۲۴ درصد) در تحقیق حاضر نشان‌دهنده آن است که بهبود جزئی در این متغیرها در ورزشکاران نخبه می‌تواند دارای اهمیت باشد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بین دو گروه در سوخت‌وساز سوبسترا (مقدار مصرف چربی و کربوهیدرات) تفاوت معنادار دیده نشد. در این زمینه پژوهش‌های محدود با نتایج متناقضی وجود دارد که برخی همسو با یافته‌های این پژوهش عدم اختلاف معنادار (۴۰) و برخی اختلاف معنادار در سوخت‌وساز سوبسترا را گزارش کرده‌اند (۲۳). به‌طور مثال متیوس و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که شش هفته مکمل‌یاری بتا‌آلانین سبب تغییر معنادار در سوخت‌وساز انرژی نشد (۴۰). در مقابل گروس و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که مصرف مکمل بتا‌آلانین به‌همراه تمرینات اینتروال سبب افزایش سوخت‌وساز هوازی شد. در این تحقیق نشان داده شد که پس از شش هفته مکمل‌یاری با تمرینات اینتروال میزان سهم انرژی هوازی ۱/۴ درصد افزایش یافت (۲۳). این افزایش سهم انرژی هوازی پس از مصرف مکمل را می‌توان به افزایش کارنوزین عضلانی، انگیزه و درک فشار نسبت داد (۲۳)، با وجود این در این زمینه به تحقیقات بیشتری نیاز است. تأیید می‌کنیم که در اجرای این پژوهش محدودیت‌های وجود داشته است. پژوهش حاضر روی دختران تکواندوکاران جوان صورت گرفت و محدودیت‌هایی به‌منظور نمونه‌گیری خونی وجود داشت و در صورتی که یک سری شاخص‌های خونی مانند نیمرخ چربی، گلیسرول و گلوکز اندازه‌گیری می‌شد، تفسیر یافته‌ها بهتر صورت می‌پذیرفت. همچنین از آنجایی که امکان ارزیابی متغیرهای تحقیق برای بازه چهار هفته با دوز مصرفی

مصرف بتا‌آلانین در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون با تنظیم تعادل اسید-باز (۱۵) و نشان دادن ظرفیت بافرینگ داخل سلولی مرتبط است که فرایندهای آثار-انقباضی در بافت عضلانی را بهبود می‌بخشد (۳۰).

همچنین نتایج تحقیق حاضر نشان داد تفاوت معناداری بین دو گروه مکمل و دارو نما پس از چهار هفته تمرین متداول تکواندو در شاخص‌های هوازی یافت نشد. با وجود این تمرینات متداول تکواندو با و بدون مکمل بتا‌آلانین (در هر دو گروه) سبب افزایش زمان رسیدن به واماندگی (۲۰ درصد) و مراحل واماندگی (۲۴ درصد) در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون شد. همسو با نتایج تحقیق حاضر، تحقیقات مختلفی نشان دادند که مکمل‌یاری بتا‌آلانین تغییری در  $VO_{2max}$  ایجاد نکرده است (۳۳-۳۶). در مقابل نتایج تحقیقاتی نیز نشان داد مکمل‌یاری بتا‌آلانین سبب افزایش معنادار  $VO_{2max}$  می‌شود (۳۷، ۳۸). در پژوهش غیاسوند و همکاران (۲۰۱۲) آزمودنی‌ها به مدت شش هفته و در هر روز پنج میلی‌گرم بتا‌آلانین دریافت کردند، در پایان هفته ششم میزان  $VO_{2max}$  بین دو گروه مکمل و دارونما متفاوت بود. یکی از دلایل این اختلاف می‌تواند به نوع آزمودنی‌ها و سطح تمرینی آنها برگردد، چراکه در تحقیق حاضر آزمودنی‌ها تکواندوکار حرفه‌ای بودند، ولی در تحقیق غیاسوند و همکاران (۲۰۱۲) دانشجویان فعال بودند (۳۷). بنابراین برای مشاهده تأثیرات تمرین و مکمل در افراد نخبه به زمان بیشتری (بیشتر از چهار هفته) نیاز است تا آثار آن نمایان شود. اسمیت و همکاران (۲۰۰۹) نیز تأثیر تمرینات اینتروال شدید به‌همراه مکمل‌یاری بتا‌آلانین را بررسی کردند و نتایج نشان داد که میزان اکسیژن مصرفی پس از شش هفته افزایش یافت (۳۸). علاوه بر مدت طولانی‌تر مکمل‌یاری بتا‌آلانین (شش هفته در مقابل چهار هفته)، تفاوت در برنامه تمرینی نیز می‌تواند از دلایل این تضاد در نتایج باشد، چراکه نشان داده شده است انجام فعالیت‌های

یاری کردند، به ویژه آزمودنی‌ها، مربیان تکواندو مسئول آزمایشگاه دانشگاه خوارزمی سپاسگزاریم.

### حمایت مالی

این پژوهش حاصل رساله دکتری در دانشکده علوم ورزشی دانشگاه خوارزمی است. بدین وسیله از حمایت مالی دانشگاه خوارزمی کمال تشکر را داریم.

### مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان در طراحی، اجرا، تحلیل یافته‌ها و نگارش مقاله مشارکت داشتند.

### تعارض منافع

در این پژوهش هیچ گونه تضاد منافی برای نویسندگان وجود ندارد.

پنج گرم در روز بیشتر نبود، پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی سنجش متغیرها در بازه زمانی و مصرفی بیشتری همراه با نمونه خونی صورت پذیرد.

در مجموع، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که ۲۸ روز مکمل یاری بتا آلانین تأثیر معناداری بر عملکرد ورزشی تکواندوکاران نداشت، از طرفی این مکمل اثر مثبت تری نسبت به گروه تمرین در زمان رسیدن به واماندگی و تعداد مراحل رسیدن به واماندگی نشان داد. از آنجایی که بهبود اندک در عملکرد ورزشکاران حرفه‌ای می‌تواند زمینه‌ساز موفقیت این ورزشکاران شود، از این رو این ورزشکاران می‌توانند برای بهبود عملکرد خود از آن استفاده کنند، با وجود این در این زمینه به پژوهش‌های بیشتری نیاز است.

### تشکر و قدردانی

از تمامی افرادی که ما را در جهت پیشبرد این پژوهش

### منابع

1. Yousef K, Khosro J, Gholamreza S. Comparison the effect of Beta-Alanine and sodium bicarbonate supplementation on changes LDH and CK in elite men taekwondo. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 2015;7(12):1067-72.
2. Thomas G. Periodization :Theory and Methodology of Training (Book Review). *The Sport and Exercise Scientist*. 2020(65):10.
3. Behpoor N, Yoosefi S. The Effect of  $\beta$ -Alanine Supplementation on Serum Lactate Response and Muscular Endurance in Male Bodybuilders. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*. 2017;12(2):19-26.
4. Basereh A, Rajabi H, Gharibzadeh S, Jaberzadeh S. Adaptations of cortical-spinal excitatory and inhibitory pathways in strength changes caused by resistance training in untrained individuals Based on Transcranial Magnetic Stimulation. *Sport Physiology & Management Investigations*. 2022;14(1):81-97.
5. Yavuz HU, Turnagol H, Demirel AH. Pre-exercise arginine supplementation increases time to exhaustion in elite male wrestlers. *Biology of sport*. 2014;3(1), 91-187.
6. Sheikholeslami-Vatani D, Bolurian MR. Acute effects of different doses of beta-alanine supplement on neuromuscular fatigue and lactate accumulation after intense interval exercise. *Studies in Medical Sciences*. 2016;26(11):912-20.
7. Evaluation of national athlete's attitude to vitamin/mineral supplements. *Journal of Sport and Exercise Physiology*.

- 2010;2(2):279-285
8. Maté-Muñoz JL, Lougedo JH, Garnacho-Castaño MV, Veiga-Herreros P, Lozano-Estevan MdC, García-Fernández P, et al. Effects of  $\beta$ -alanine supplementation during a 5-week strength training program: a randomized, controlled study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2018;15(1):19.
  9. Hill C, Harris RC, Kim H, Harris B, Sale C, Boobis L, et al. Influence of  $\beta$ -alanine supplementation on skeletal muscle carnosine concentrations and high intensity cycling capacity. *Amino acids*. 2007;32:225-33.
  10. Trexler ET, Smith-Ryan AE, Stout JR, Hoffman JR, Wilborn CD, Sale C, et al. International society of sports nutrition position stand: Beta-Alanine. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2015;12(1):30.
  11. Alabsi K, Rashidlamir A, Dokht EH. The effect of 4 Weeks of strength training and beta-alanine supplementation on anaerobic power and carnosine level in boxer players. *Journal of Science in Sport and Exercise*. 2023;5(1):62-9.
  12. Smith AE, Walter AA, Graef JL, Kendall KL, Moon JR, Lockwood CM, et al. Effects of  $\beta$ -alanine supplementation and high-intensity interval training on endurance performance and body composition in men; a double-blind trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2009;6(1):5.
  13. Smith AE, Walter AA, Graef JL, Kendall KL, Moon JR, Lockwood CM, Fukuda DH, Beck TW, Cramer JT, Stout JR. Effects of beta-alanine supplementation and high-intensity interval training on endurance performance and body composition in men; a double-blind trial. *J Int Soc Sports Nutr*. 2009; 11;6:5.
  14. Chung W, Shaw G, Anderson ME, Pyne DB, Saunders PU, Bishop DJ, et al. Effect of 10 week beta-alanine supplementation on competition and training performance in elite swimmers. *Nutrients*. 2012;4(10):1441-53.
  15. Harris RC, Tallon M, Dunnett M, Boobis L, Coakley J, Kim HJ, et al. The absorption of orally supplied  $\beta$ -alanine and its effect on muscle carnosine synthesis in human vastus lateralis. *Amino acids*. 2006;30:279-89.
  16. Bridge CA, Ferreira da Silva Santos J, Chaabene H, Pieter W, Franchini E. Physical and physiological profiles of taekwondo athletes. *Sports Medicine*. 2014;44:713-33.
  17. Tayech A, Mejri MA, Chaabene H, Chaouachi M, Behm DG, Chaouachi A. Test-retest reliability and criterion validity of a new Taekwondo Anaerobic Intermittent Kick Test. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 2018;59(2):230-7.
  18. Durkalec-Michalski K, Zawieja EE, Zawieja BE, Michałowska P, Podgórski T. The gender dependent influence of sodium bicarbonate supplementation on anaerobic power and specific performance in female and male wrestlers. *Scientific reports*. 2020;10(1):1-12.
  19. da Silva Santos JF, Franchini E. Is frequency speed of kick test responsive to training? A study with taekwondo athletes. *Sport Sciences for Health*. 2016;12:377-82.
  20. da Silva Santos JF, Franchini E. Frequency

- speed of kick test performance comparison between female taekwondo athletes of different competitive levels. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2018;32(10):2934-8.
21. Sant'Ana J, Franchini E, Murias JM, Diefenthaler F. Validity of a taekwondo-specific test to measure VO<sub>2</sub>peak and the heart rate deflection point. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2019;33(9):2523-9.
  22. Sadowski1ACD J, Gierczuk1BD D, Miller2BE J, Cieśliński1CD I. Success factors in elite WTF taekwondo competitors. 2021;32(9):2432-8
  23. Gross M, Boesch C, Bolliger CS, Norman B, Gustafsson T, Hoppeler H, et al. Effects of beta-alanine supplementation and interval training on physiological determinants of severe exercise performance. *European journal of applied physiology*. 2014;114:221-34.
  24. Askari F, Rahmaninia F. The effect of 8 weeks beta-alanine supplementation and resistance training on maximal-intensity exercise performance adaptations in young males. *Physical education of students*. 20.8-4:(1) 19-23.
  25. Wang R. The Effect of Repeated Sprint Training in Hypoxia and Beta-Alanine Supplementation on Exercise Performance. 2017.
  26. Rosas F, Ramírez Campillo R, Martínez Salazar C, Caniuqueo Vargas A, Cañas Jamet R, McCrudden E, et al. Effects of plyometric training and beta-alanine supplementation on maximal-intensity exercise and endurance in female soccer players. *Journal of Human Kinetics*. 2017;1(7), 99-109.
  27. Halz M, Kaszuba M, Helbin J, Krzysztofik S, Suchanecka A, Zając A. Beta-alanine supplementation and anaerobic performance in highly trained judo athletes. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*. 2022;14(2):1.
  28. Kim K-J, Song H-S, Yoon DH, Fukuda DH, Kim SH, Park D-H. The effects of 10 weeks of  $\beta$ -alanine supplementation on peak power, power drop, and lactate response in Korean national team boxers. *Journal of exercise rehabilitation*. 2018;14(6):985.
  29. Tobias G, Benatti FB, de Salles Painelli V, Roschel H, Gualano B, Sale C, et al. Additive effects of beta-alanine and sodium bicarbonate on upper-body intermittent performance. *Amino acids*. 2013;45:309-17.
  30. Begum G, Cunliffe A, Leveritt M. Physiological role of carnosine in contracting muscle. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2005; 15(5):493-514.
  31. mirmohammadi s. Comparison of Selected physiological and Physical Fitness characteristics of Professional Women taekwondo athletes in Kiurogi and Poomsae Styles. *Journal of Sport and Exercise Physiology*. 2017;10(2):47-58.
  32. Donovan T, Ballam T, Morton JP, Close GL.  $\beta$ -alanine improves punch force and frequency in amateur boxers during a simulated contest. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2012;22(5):331-7.
  33. Kendrick IP, Harris RC, Kim HJ, Kim CK, Dang VH, Lam TQ, et al. The effects of 10

- weeks of resistance training combined with  $\beta$ -alanine supplementation on whole body strength, force production, muscular endurance and body composition. *Amino acids*. 2008;34:547-54.
34. Beasley L, Smith L, Antonio J, Gordon D, Johnstone J, Roberts J. The effect of two  $\beta$ -alanine dosing strategies on 30-minute rowing performance: a randomized, controlled trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2018;15(1):59.
35. Bellinger PM, Minahan CL. Metabolic consequences of  $\beta$ -alanine supplementation during exhaustive supramaximal cycling and 4000-m time-trial performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2016;41(8):864-71.
36. Outlaw JJ, Smith-Ryan AE, Buckley AL, Urbina SL, Hayward S, Wingfield HL, et al. Effects of  $\beta$ -alanine on body composition and performance measures in collegiate women. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2016;30(9):2627-37.
27. Ghiasvand R, Askari G, Malekzadeh J, Hajishafiee M, Daneshvar P, Akbari F, et al. Effects of Six Weeks of  $\beta$ -alanine Administration on VO(2) max, Time to Exhaustion and Lactate Concentrations in Physical Education Students. *Int J Prev Med*. 2012;3(8):559-63.
38. Smith AE, Moon JR, Kendall KL, Graef JL, Lockwood CM, Walter AA, et al. The effects of beta-alanine supplementation and high-intensity interval training on neuromuscular fatigue and muscle function. *European journal of applied physiology*. 2009;105:357-63.
39. Skulachev V. Biological role of carnosine in the functioning of excitable tissues. *Biochemistry Moscow*. 2000; 65(7):749-50.
40. Norberto MS, Barbieri RA, Bertucci DR, Gobbi RB, Campos EZ, Zagatto AM, et al. Beta alanine supplementation effects on metabolic contribution and swimming performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2020; 25;17(1):40.