

The Effects of Two Plyometric Training Programs of Different Intensities on the Performance of Young Karate Athletes

Received:

2025/05/21

Accepted:

2025/06/09

Online ISSN

3060-7078

Esmail Shabani Ezdini

Department of Sports Sciences,
Faculty of Social Sciences, Imam
Khomeini International
University, Qazvin, Iran

Khadijeh Irandoust

Department of Sports Sciences,
Faculty of Social Sciences, Imam
Khomeini International
University, Qazvin, Iran

Ebrahim Shaabani Ezdini

Department of Sports Sciences,
Faculty of Social Sciences, Imam
Khomeini International
University, Qazvin, Iran

*Correspondence:

Khadijeh Irandoust

Email:

irandoust@ikiu.ac.ir

<https://orcid.org/0000-0001-5839-9753>

ABSTRACT

Introduction: In karate, the ability to generate force rapidly, change direction quickly, and perform explosive defensive maneuvers and movements is of paramount importance. Therefore, this study aimed to investigate and compare the effects of two plyometric training programs of different intensities—high and moderate—on the performance of young karate athletes.

Materials and Methods: This study used a quasi-experimental pretest–posttest design involving 30 male youth karate athletes from Qazvin. Participants were randomly assigned to three groups: a high-intensity training group, a moderate-intensity training group, and a control group. The participants' mean characteristics were as follows: body weight, 60.46 ± 6.86 kg; height, 163.90 ± 5.90 cm; and age, 16.32 ± 1.00 years. The intervention consisted of moderate- and high-intensity plyometric training programs performed three times per week for eight weeks. The Shapiro–Wilk test was used to assess data normality. Analysis of covariance (ANCOVA) and the Tukey post hoc test were used to compare the groups.

Results: The ANCOVA results indicated a significant difference among the groups ($p = 0.001$). The Bonferroni post hoc test revealed significant differences between the high-intensity training group and the control group in anaerobic power, agility, and lower-body explosive power ($p = 0.001$). A significant difference was also observed between the control group and the moderate-intensity training group in lower-body explosive power ($p = 0.001$).

Conclusion: High-intensity plyometric training may improve anaerobic power, agility, and lower-body explosive power in young karate athletes. Moderate-intensity training, however, appears to improve only lower-body explosive power in this population.

Keywords: Plyometric training; karate athletes; anaerobic power; lower-body explosive power; agility

Extended Abstract

Introduction:

Karate requires high levels of explosive power, speed, agility, and neuromuscular coordination. Optimal performance in this discipline depends on the ability to execute rapid and powerful movements (1), whereas poor physical performance may increase the risk of injury (2). Plyometric exercises improve neuromuscular efficiency and are considered an effective method for increasing explosive power and athletic performance (3). Studies have shown that these exercises improve performance indicators in karate athletes (4) and influence the quality of technical execution (5). Several studies have compared plyometric exercises performed at different intensities. Sankey et al. (3) reported that high-intensity training was more effective for improving the vertical jump, whereas Moreno-Azze et al. (4) demonstrated the positive effects of moderate-intensity training on agility and movement symmetry. Pal et al. (6) found that combining different intensities was effective for improving the speed and power of strikes. A meta-analysis by Ojeda-Aravena et al. (7) also confirmed the superiority of high-intensity training for improving anaerobic power and explosive strength in combat athletes. Yuan et al. (5) reported that high-intensity plyometric exercises significantly increased muscular strength and power. In contrast, Al-Sairagawi (8) suggested that moderate-intensity training may be more appropriate for young athletes and may improve agility and balance. Athletic performance in karate depends on the effective execution of offensive and defensive techniques (9) and is influenced by both physical (7) and psychological factors (10). Plyometric exercises may improve physical attributes and cognitive function (11). Poor performance can contribute to failure, injury, and reduced self-confidence (2). By improving explosive force production and muscular coordination, plyometric exercises may also reduce the risk of injury (12). Understanding the effects of different exercise intensities can help coaches design optimal training programs (7) and may have applications in other martial arts (8). The primary objective of this study was to investigate the effects of two plyometric training programs of different intensities on the performance of young karate athletes. Specifically, the study examined differences in anaerobic power, agility, lower-body explosive power, and the speed of striking movements. The findings may help coaches and athletes design more effective training programs.

Methodology:

This study compared the effects of two plyometric training intensities on the athletic performance of young male karate athletes aged 15–18 years from Qazvin Province. The study used a quasi-experimental pretest–posttest design and included 30 karate athletes with a mean age of 16.32 ± 1.00 years, height of 173.23 ± 5.90 cm, body weight of 60.46 ± 6.86 kg, and training experience of 4.16 ± 1.10 years. Participants were randomly assigned to three groups: a high-intensity training group, a moderate-intensity training group, and a control group. The high-intensity program included depth jumps from a height of 50–60 cm and explosive jumps with light weights. The moderate-intensity program included squat jumps and unweighted vertical jumps. The control group continued its regular karate training. The training intervention lasted eight weeks, with three sessions per week. Anaerobic power, agility, and lower-body explosive power were assessed using the Sargent vertical-jump test (3), the T-test (13), and the standing long-jump test (14), respectively. The timing of the tests, nutritional conditions, and warm-up procedures were standardized to control for potential confounding variables. Informed consent was obtained from the participants' parents. The Shapiro–Wilk test was used to assess data normality. ANCOVA was used for between-group comparisons, and the Bonferroni post hoc test was used for pairwise comparisons. All statistical analyses were performed using SPSS version 26 at a significance level of $p < 0.05$. Microsoft Excel 2013 was used

to prepare the graphs. The ultimate goal of the study was to provide scientific guidance for coaches designing training programs for young karate athletes.

Results:

The ANCOVA results showed a significant difference among the groups ($p = 0.0001$). The Bonferroni post hoc analyses of anaerobic power, agility, and lower-body explosive power revealed significant differences between the control group and the high-intensity training group ($p = 0.0001$). However, no significant differences were observed between the moderate-intensity training group and the control group in anaerobic power ($p = 0.06$) or agility ($p = 1.00$). A significant difference was observed between the control and moderate-intensity training groups in lower-body explosive power ($p = 0.0001$).

Discussion:

The findings indicate that high-intensity plyometric training may improve anaerobic power, agility, and lower-body explosive power in young karate athletes. Moderate-intensity training appears to improve only lower-body explosive power in young karate athletes.

تأثیر دو برنامه تمرینی پلايومتریک با شدت‌های مختلف بر عملکرد کاراته‌کاران جوان

چکیده	تاریخ ارسال: ۱۴۰۴/۰۲/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۹ شاپا الکترونیکی ۳۰۶۰-۷۰۷۸
مقدمه: در کاراته، توانایی تولید انرژی سریع، توانایی تغییر جهت سریع، دفاع‌ها و جابجایی‌های انفجاری از اهمیت بسزایی برخوردار است. بنابراین، هدف پژوهش حاضر بررسی و مقایسه تأثیر دو برنامه تمرینی پلايومتریک با شدت‌های مختلف (بالا و متوسط) بر عملکرد کاراته‌کاران جوان بود. روش تحقیق: این مطالعه به صورت نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و با مشارکت ۳۰ کاراته‌کار پسر جوان شهر قزوین انجام شد به صورت تصادفی در سه گروه (تمرین با شدت بالا، تمرین شدت متوسط و کنترل) با میانگین وزن $6/86 \pm 6/46$ کیلوگرم، میانگین قد $1/90 \pm 23/23$ سانتی‌متر، میانگین سن $16/32 \pm$ سال و سال تقسیم شدند. مداخلات شامل دو برنامه تمرینی پلايومتریک با شدت متوسط و بالا سه جلسه در هفته به مدت هشت هفته بود. از آزمون شاپیروویلک برای طبیعی بودن داده‌ها، از آزمون کوواریانس و آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه گروه‌ها استفاده گردید. یافته‌ها: نتایج آزمون کوواریانس نشان داد که اختلاف معناداری در گروه‌ها وجود دارد ($P=0/001$). آزمون تعقیبی بونفرونی اختلاف معنی‌داری بین گروه شدت بالا و کنترل برای توان بی‌هوازی، چابکی و قدرت انفجاری عضلات پایین تنه نشان داد ($P=0/001$). همچنین بین گروه کنترل با گروه تمرین با شدت متوسط در قدرت انفجاری عضلات پایین تنه نیز اختلاف معناداری مشاهده شد ($P=0/001$). نتیجه گیری: باتوجه به نتایج تمرینات پلايومتریک با شدت بالا می‌تواند در بهبود عملکرد (توان بی‌هوازی، چابکی و قدرت عضلات پایین تنه) کاراته‌کاران جوان مؤثر باشد. همچنین تمرینات با شدت متوسط تنها می‌تواند در بهبود قدرت عضلات پایین تنه کاراته‌کاران جوان مؤثر باشد. واژگان کلیدی: پلايومتریک، کاراته‌کاران، توان بی‌هوازی، قدرت عضلات پایین تنه، چابکی	اسماعیل شعبانی ازدینی گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم اجتماعی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران. خدیجه ایراندوست گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم اجتماعی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران. ابراهیم شعبانی ازدینی گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم اجتماعی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران. * نویسنده مسئول: خدیجه ایراندوست ایمیل: irandoust@ikiu.ac.ir https://orcid.org/0000-0001-5839-9753

مقدمه:

در علم ورزش، مربیان با چالش همیشگی بهینه‌سازی عملکرد ورزشی از طریق روش‌های تمرینی مبتنی بر شواهد مواجه هستند. هدف اصلی مربیگری فراتر از توسعه مهارت‌ها به تنهایی است (۱۵). تحقیقات نشان داده‌اند که طراحی برنامه‌های تمرینی سیستماتیک تأثیر قابل توجهی بر نتایج عملکرد ورزشی در ورزش‌های رقابتی به همراه خواهند داشت (۱۶). به طور کلی استراتژی‌های مربیگری منجر به تمرکز بیشتر بر اصول علمی در طراحی تمرینات شده است. این رویکرد علمی شیوه آماده‌سازی مربیان برای رقابت را متحول کرده و منجر به بهبود نتایج عملکرد و کاهش خطر آسیب‌ها شده است (۱۷). کاراته^۱ به عنوان یک رشته رزمی پویا، نیازمند سطوح بالایی از قدرت انفجاری، سرعت، چابکی^۲ و هماهنگی عصبی-عضلانی است (۹). عملکرد مطلوب در مسابقات کاراته مستلزم توانایی اجرای حرکات سریع و انفجاری مانند ضربات پا و تکنیک‌های دفاعی است که شدیداً تحت تأثیر قدرت و توان عضلانی قرار دارد (۱). در مقابل، عملکرد نامناسب نه تنها منجر به شکست در رقابت‌ها می‌شود، بلکه خطر آسیب‌های ورزشی را نیز افزایش می‌دهد (۲). تمرینات پلايومتریک^۳ به عنوان یک روش تمرینی مؤثر برای بهبود قدرت انفجاری و عملکرد ورزشی شناخته شده‌اند. این تمرینات با تحریک چرخه کشش-کوتاه شدن^۴، کارایی عصبی-عضلانی را بهبود می‌بخشند (۳). مطالعات متعددی بیانگر تأثیر مثبت تمرینات پلايومتریک بر عملکرد ورزشی بوده‌اند (۱، ۱۸). با این حال، شدت تمرین به عنوان یکی از عوامل کلیدی در طراحی برنامه‌های تمرینی، نقش برجسته‌ای در نوع و میزان سازگاری‌های حاصل از این تمرینات دارد (۱۹). برنامه‌های تمرینی با شدت بالا شامل حرکاتی مانند پرش عمقی، پرش‌های انفجاری با وزنه هستند که باعث تحریک حداکثر واحدهای حرکتی و افزایش سفتی تاندونی می‌شوند. این نوع تمرینات باعث ایجاد سازگاری‌های عصبی-عضلانی عمیق‌تری می‌شوند که به بهبود توان بی‌هوازی و سرعت تغییر جهت (چابکی) منجر می‌شود (۴، ۷). برنامه‌های پلايومتریک با شدت متوسط شامل حرکاتی مانند پرش جفت‌پا، پرش عمودی بدون وزنه و پرش طول ایستاده هستند. این تمرینات بیشتر در توسعه قدرت عضلات پایین‌تنه مؤثر بوده و با خطر کمتر آسیب همراه هستند. این نوع تمرینات به‌ویژه برای ورزشکاران جوان یا مبتدی مناسب‌تر است و می‌توانند به عنوان مرحله اولیه قبل از انتقال به شدت بالاتر به کار روند (۸). با وجود شواهد متعدد حاکی از مؤثر بودن تمرینات پلايومتریک در بهبود صفات فیزیولوژیکی مرتبط با عملکرد ورزشی، تاکنون مطالعات محدودی به صورت مستقیم و منسجم مقایسه اثرات شدت‌های مختلف این نوع تمرینات را در کاراته‌کاران جوان انجام داده‌اند. برخی از پژوهش‌ها مانند تأثیر مثبت تمرینات پلايومتریک با شدت بالا را بر قدرت انفجاری و توان بی‌هوازی گزارش کرده‌اند (۳، ۵) در حالی که مطالعات دیگر نقش مؤثر تمرینات با شدت متوسط را در بهبود چابکی و تعادل را نشان داده‌اند (۴، ۸). با این حال، این یافته‌ها غالباً در ورزش‌هایی غیر از کاراته به دست آمده‌اند و یا شدت تمرینات به صورت دقیق تعریف نشده است. بنابراین، شرایط بهینه برنامه‌ریزی تمرینی برای کاراته‌کاران جوان با توجه به نیازهای فیزیولوژیکی اختصاصی این رشته هنوز به خوبی روشن نیست. بنابراین ضرورت دارد به طور کامل در این زمینه بررسی‌هایی صورت بگیرد تا مؤثرترین شیوه تمرینی برای کاراته‌کاران تعیین و بهینه‌سازی شود چراکه عملکرد ورزشی در کاراته به توانایی اجرای مؤثر تکنیک‌های تهاجمی و دفاعی در شرایط رقابتی بستگی دارد (۹) و این عملکرد تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله قدرت انفجاری، سرعت، چابکی، استقامت بی‌هوازی و هماهنگی عصبی-عضلانی قرار دارد (۷). برای مثال، تکنیک‌های سریع و قدرتمند مانند ماواشی گری^۵ (ضربه پای دورانی) مستلزم توانایی

1. Karate

2. Agility

3. Plyometric exercises

4. SSC

5. Mawashi Gray

تولید نیرو در زمان کوتاه است که از طریق تمرینات پلائیومتریک قابل بهبود است (۲۰). همچنین عملکرد نامناسب در کاراته می‌تواند منجر به شکست در مسابقات، افزایش خطر آسیب‌های ورزشی و کاهش اعتماد به نفس ورزشکار شود (۲). ضعف در توان انفجاری ممکن است باعث کاهش سرعت و دقت ضربات شود که در رقابت‌های سطح بالا ورزشکار را در برابر حریفان آسیب‌پذیر می‌کند (۲۱). همچنین، عدم تعادل عضلانی ناشی از تمرین ناکافی می‌تواند به آسیب‌های مزمن مانند درد مفاصل و کشیدگی عضلات منجر شود (۲۲). تمرینات پلائیومتریک با تحریک سیستم عصبی-عضلانی، تولید نیروی انفجاری و کارایی حرکتی را بهبود می‌بخشد (۴). برای کاراته‌کاران جوان، این تمرینات می‌تواند موجب بهبود پرش عمودی، تغییر جهت سریع‌تر و افزایش قدرت ضربات شود (۶). همچنین این تمرینات با افزایش هماهنگی بین عضلات آگونیست و آنتاگونیست^۱، خطر آسیب‌ها را کاهش می‌دهند (۱۲). درک تأثیر شدت‌های مختلف تمرینات پلائیومتریک بر عملکرد کاراته‌کاران می‌تواند به مربیان در طراحی برنامه‌های تمرینی بهینه کمک کند (۷). این امر نه تنها منجر به بهبود عملکرد رقابتی می‌شود، بلکه با کاهش آسیب‌ها، طول عمر حرفه‌ای ورزشکاران را نیز افزایش می‌دهد (۲۳). علاوه بر این، یافته‌های این پژوهش می‌تواند در طراحی پروتکل‌های تمرینی برای سایر رشته‌های رزمی نیز مورد استفاده قرار گیرد (۸). بنابراین با عنایت به محدودیت پژوهشی، هدف مطالعه بررسی تأثیر دو برنامه تمرینی پلائیومتریک با شدت‌های مختلف بر عملکرد کاراته‌کاران جوان است.

روش تحقیق:

این مطالعه به صورت نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و با مشارکت ۳۰ کاراته‌کار پسر (۱۵-۱۸ سال) از شهر قزوین که شرکت‌کنندگان به صورت تصادفی در سه گروه (تمرین با شدت بالا، تمرین شدت متوسط و کنترل) با میانگین وزن $6/86 \pm$ کیلوگرم، میانگین قد $160/9 \pm 5/23$ سانتی‌متر، میانگین سن $16/32 \pm 1$ سال و سابقه تمرین $1/1 \pm 4/16$ سال تقسیم شدند. معیارهای ورود شامل داشتن حداقل دو سال سابقه تمرین کاراته، نداشتن آسیب‌دیدگی در شش ماه گذشته و عدم مصرف مکمل‌های ورزشی بود. معیارهای خروج نیز شامل: (۱) بروز آسیب‌دیدگی ورزشی در طول دوره تمرینی، (۲) عدم پایبندی به برنامه تمرینی (غیبت بیش از دو جلسه)، (۳) تغییرات فیزیولوژیکی غیرمنتظره (مانند افزایش معنادار ضربان قلب در جلسات تمرینی)، (۴) خروج داوطلبانه از تحقیق بود. پروتکل تمرینی به مدت هشت هفته (سه جلسه در هفته) اجرا شد (۳). قبل و بعد از مداخله تمرینی توان بی‌هوازی (ارزیابی با تست پرش سارجنت عمودی) (۳)، چابکی (ارزیابی با توسط آزمون تی) (۱۳) و قدرت انفجاری عضلات پایین تنه (ارزیابی با آزمون پرش طولی ایستاده) (۱۴) ارزیابی شد. ملاحظات اخلاقی شامل اخذ رضایت‌نامه آگاهانه از والدین نیز انجام شد. این مطالعه با هدف مقایسه تأثیر دو شدت مختلف تمرین پلائیومتریک بر عملکرد ورزشی کاراته‌کاران جوان طراحی شد تا راهنمایی علمی برای مربیان در تنظیم برنامه‌های تمرینی ارائه دهد.

تمرین پلائیومتریک

برنامه تمرینی پلائیومتریک به مدت هشت هفته و در قالب سه جلسه هفتگی طراحی و اجرا گردید. هر جلسه شامل ده دقیقه گرم کردن پویا، بیست تا سی دقیقه فعالیت اصلی پلائیومتریک و ده دقیقه سردکردن بود. تمرینات در دو سطح شدت بالا و شدت متوسط ارائه شد که در طول دوره تمرینی به صورت منظم تحت نظارت قرار گرفتند. شدت تمرینات با استفاده از دستگاه مونی‌تورینگ ضربان قلب (مدل Polar pulsar med 3p) اندازه‌گیری و ثبت شد. شدت تمرینات بر اساس درصد حداکثر ضربان

¹. Agonist and antagonist

قلب بیشینه و بار تمرینات تعیین شد؛ بدین صورت که شدت بالا معادل ۷۵ تا ۸۵ درصد و شدت متوسط معادل ۶۵ تا ۷۵ درصد حداکثر ضربان قلب بیشینه در نظر گرفته شد. در پروتکل شدت بالا، تمرینات با بار نسبی بیشتر و فعالیت‌های انفجاری طراحی شدند. این جلسات شامل حرکاتی چون پرش عمقی از ارتفاعات ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر، پرش‌های انفجاری با وزنه (با وزنی حدود ۵ تا ۷ درصد وزن بدن شرکت‌کنندگان)، پرش یک‌پا و حرکت باندینگ بود. هر حرکت در هر جلسه در قالب چهار تا پنج ست و هر ست شامل هشت تا ده تکرار انجام می‌شد. استراحت بین ست‌ها ۶۰ ثانیه در نظر گرفته شد (۳).

در مقابل، پروتکل شدت متوسط شامل حرکاتی مانند پرش جفت‌پا بدون وزنه، پرش عمودی، پرش طولی ایستاده و پرش‌های جانبی بود که بار کمتری را به عضلات وارد می‌کردند در هر جلسه در قالب سه تا چهار ست و هر ست شامل ده تا دوازده تکرار انجام می‌شد. استراحت بین ست‌ها نیز مشابه گروه شدت بالا، ۶۰ ثانیه در نظر گرفته شد. شدت تمرینات این گروه نیز براساس میانگین ضربان قلب ثبت‌شده در هر جلسه در محدوده ۶۵ تا ۷۵ درصد حداکثر ضربان قلب بیشینه قرار داشت که معادل یک تمرین با شدت متوسط مطابق با دستورالعمل‌های ACSM محسوب می‌شد. هر دو گروه تمرینی به مدت هشت هفته و با فرکانس سه جلسه در هفته (با فاصله یک روزی بین جلسات) به تمرین پرداختند. نوع حرکات، تعداد ست و تکرار، زمان استراحت و نحوه اجرای حرکات در تمامی جلسات یکسان حفظ شد (۳) که در جدول ۱ ارائه گردیده است و تنها تفاوت‌ها در نوع حرکات و بار و شدت تمرینات بود.

جدول ۱. پروتکل تمرینات پلایومتریک با شدت‌های مختلف

هفته	شدت بالا	ضربان قلب	ست*تکرار	شدت متوسط	ضربان قلب	ست*تکرار	استراحت
Week	High intensity	Heart rate	Set*Repeat	Moderate intensity	Heart rate	Set*Repeat	Rest(Sec)
1-2	پرش عمقی + پرش جفت‌پا: ۳۰ سانتی متر Depth jump + double jump: 30 cm	75%	8*4	پرش جفت‌پا + پرش طول Double jump + long jump	65%	10*3	90
3-4	پرش عمقی + پرش یک‌پا: ۴۰ سانتی متر Depth jump + single leg jump: 40 cm	75%	10*4	پرش جفت‌پا با چرخش ۱۸۰ درجه Double-leg jump with 180-degree turn	70%	12*3	75
5-6	پرش با وزنه ۵٪ وزن بدن پرش عمقی ۵۰ سانتی متر Jump with a weight of 5% of body weight Depth jump 50 cm	80%	8*5	پرش جفت‌پا به طرفین Side-to-side double jump	75%	10*4	60
7-8	پرش با وزنه ۷٪ وزن بدن پرش عمقی ۷۰ سانتی متر Jump with a weight of 7% of body weight Depth jump 70 cm	85%	10*5	پرش جفت‌پا + پرش به عقب Double jump + back jump	75%	12*4	60

اندازه گیری توان بی‌هوازی: از آزمون بی‌هوازی رست^۱ برای اندازه توان بی‌هوازی استفاده شد. روش اجرایی آزمون بدین صورت است که ابتدا یک مسافت ۳۵ متری در نظر گرفته می‌شود. پس از گرم کردن اولیه، مسافت ۳۵ متر را برای شش مرتبه طی خواهد کرد که بین هر وهله به مدت ۱۰ ثانیه استراحت لحاظ گردید. پس از ثبت رکوردها به ثانیه؛ از طریق قرار دادن در فرمول زیر توان بی‌هوازی حداکثری محاسبه گردید (۲۴).

$$3 \text{ زمان (ثانیه)} \div 2 \text{ مسافت (متر)} \times \text{وزن بدن (کیلوگرم)} = \text{توان (وات)}$$

$$6 \div \text{حاصل جمع کل شش مرحله دویدن - میانگین توان (وات)}$$

اندازه گیری چابکی: از آزمون تی^۲ برای اندازه گیری چابکی استفاده می‌شود. در این آزمون هر آزمودنی مطابق با شکل، با حرکت به سمت جلو و همراه با لمس مخروط‌ها در هر حرکت، ابتدا از نقطه استارت ۱۰ متر به طرف مخروط اول می‌دود، سپس پنج متر به طرف سمت راست و مخروط دوم، سپس ۱۰ متر به طرف سمت چپ و مخروط سوم، در ادامه پنج متر به طرف مخروط اول برمی‌گردد و نهایتاً ۱۰ متر به نقطه استارت برمی‌گردد و آزمون به اتمام می‌رسد (۱۴).

اندازه گیری قدرت انفجاری عضلات پایین تنه: برای ارزیابی توان انفاز آزمون پرش طولی ایستاده شد. آزمودنی‌ها پشت خط شروع و پاهایشان به اندازه عرض شانه و بازوهایشان در حالت خنثی می‌ایستند. با فرمان رو یک پرش را با حداکثر تلاش در جهت افقی انجام می‌دهند. شرکت کنندگان باید با هر دو پا به طور همزمان فرود آیند و اجازه ندارند به جلو یا عقب بیفتند. فاصله افقی بین خط شروع و پاشنه پای عقب با استفاده از اندازه گیری نوار به سانتی متر ثبت شد (۱۳).

یافته ها:

در جدول ۲ میانگین ویژگی‌های دموگرافیک آزمودنی‌ها در سه گروه (شدت بالا، شدت متوسط و کنترل) مشخص شده است.

P	کنترل Control	شدت متوسط Moderate intensity	شدت بالا High intensity	متغیر variable
0.78	16.10±0.10	16.60±0.90	16.30±1.1	سن (سال) Age (years)
0.85	174.50±5.90	171.80±6.20	173.40±5.60	قد (سانتی متر) Height (cm)
0.89	57.40±6.50	58.70±7.20	63.30±6.80	وزن (کیلوگرم) Weight (kg)
0.92	4.10±1.10	4.20±0.10	4.20±1.20	سابقه تمرین (سال) Training history (years)

همچنین میانگین و انحراف استاندارد توان بی‌هوازی، چابکی و قدرت انفجاری عضلات پایین تنه در سه گروه به صورت پیش آزمون و پس آزمون در جدول ۳ گزارش شده است.

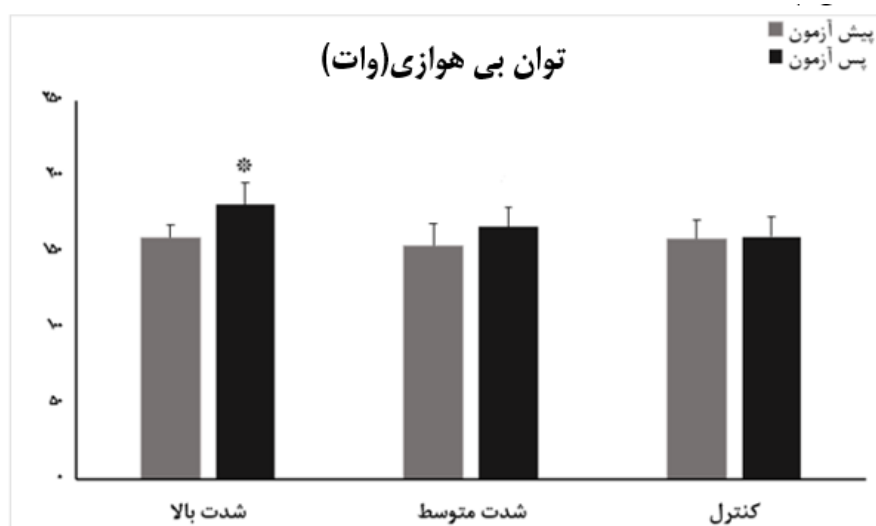
¹. Anaerobic roast test

². T-test

جدول ۳. تغییرات ویژگی‌های متغیرهای تحقیق (درون گروهی)

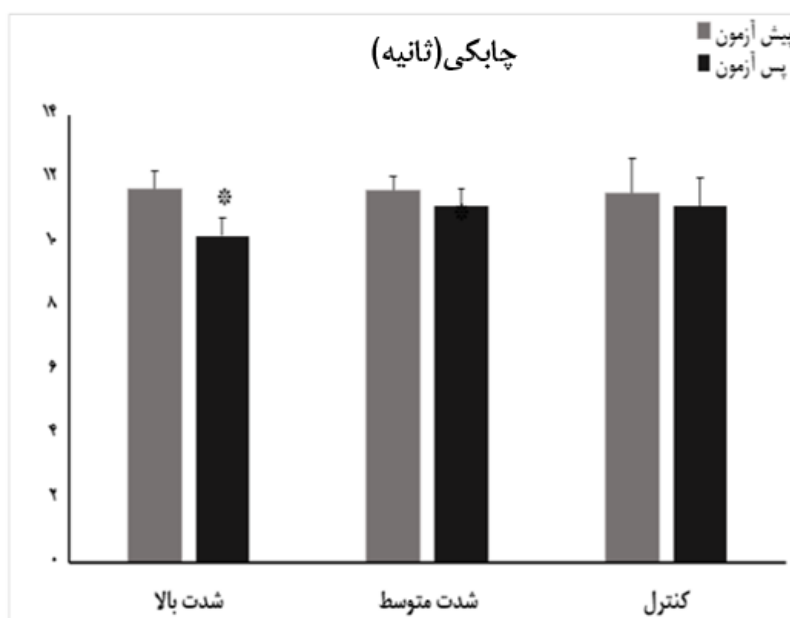
متغیرها Variables	مرحله stage	شدت بالا High intensity	شدت متوسط Moderate intensity	کنترل Control
توان بی‌هوازی (وات) Anaerobic power (Watt)	پیش آزمون Pre Test	159.50 ± 8.36	154.20 ± 14.60	159.10 ± 12.14
	پس آزمون Post Test	181.30 ± 14.27	166.70 ± 12.68	160.10 ± 13.31
چابکی (ثانیه) Agility (Sec)	پیش آزمون Pre Test	11.67 ± 0.58	11.64 ± 0.45	11.58 ± 1.06
	پس آزمون Post Test	10.22 ± 0.58	11.13 ± 0.54	11.13 ± 0.92
قدرت انفجاری عضلات پایین تنه (سانتی متر) Lower body explosive power (Cm)	پیش آزمون Pre Test	201.52 ± 1.09	200.53 ± 1.17	204.51 ± 2.32
	پس آزمون Post Test	205.96 ± 0.61	203.98 ± 0.87	204.94 ± 2.30

با توجه به برقراری فرض‌های آزمون کوواریانس از این آزمون برای بررسی اختلاف داده‌های پس‌آزمون استفاده شد. نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد که برای توان بی‌هوازی اختلاف معنی‌داری بین گروه‌ها وجود دارد ($F_{2,26}=10.89/66, P=0/001$). در همین راستا نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی بیانگر اختلاف معنی‌دار در گروه‌های کنترل و تمرین با شدت بالا بود ($P=0/001$). این درحالی بود که بین گروه تمرین با شدت متوسط با گروه کنترل ($P=0/06$) و گروه تمرین با شدت بالا ($P=0/07$) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱).



شکل ۱. تغییرات مربوط به توان بی‌هوازی
*: اختلاف معنی‌دار با گروه کنترل

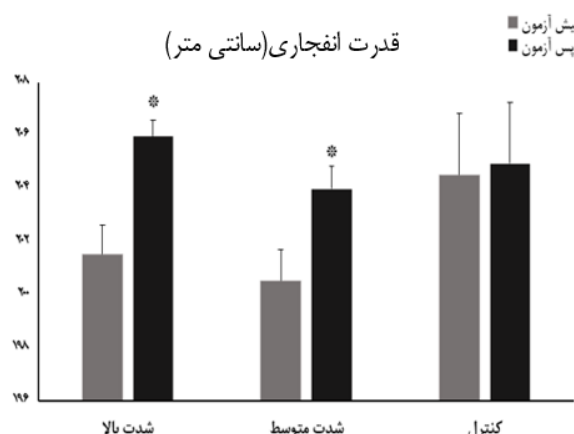
همچنین در رابطه با چابکی نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد که برای چابکی اختلاف معنی‌داری بین گروه‌ها وجود دارد ($F_{2,26}=3/09$ ، $P=0/001$). در همین راستا نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی بیانگر اختلاف معنی‌دار در گروه‌های کنترل و تمرین با شدت بالا بود ($P=0/00$). این در حالی بود که بین گروه تمرین با شدت متوسط با گروه کنترل اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P=1/00$) (شکل ۲).



شکل ۲. تغییرات مربوط به چابکی

*: اختلاف معنی‌دار با گروه کنترل

ازسوی دیگر در رابطه با قدرت انفجاری عضلات پایین تنه نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد که برای قدرت انفجاری عضلات پایین تنه اختلاف معنی‌داری بین گروه‌ها وجود دارد ($F_{2,26}=19/56$ ، $P=0/001$). در همین راستا نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی بیانگر اختلاف معنی‌دار در گروه‌های کنترل با تمرین با شدت بالا و گروه تمرین با شدت متوسط بود ($P=0/001$). (شکل ۳).



شکل ۳. تغییرات مربوط به قدرت انفجاری عضلات پایین تنه

*: اختلاف معنی‌دار با گروه کنترل

بحث:

هدف اصلی این پژوهش، بررسی و مقایسه تأثیر برنامه‌های تمرینی پلايومتریک با شدت‌های متفاوت بر توان بی‌هوازی، چابکی و قدرت عضلات پایین تنه در کاراته‌کاران جوان بود. نتایج این مطالعه نشان داد که برنامه تمرینی پلايومتریک با شدت بالا منجر به بهبود معنادار در تمامی متغیرهای مورد بررسی (توان بی‌هوازی، چابکی و قدرت پایین‌تنه) در مقایسه با گروه کنترل شد. در مقابل، تمرینات با شدت متوسط تنها در بهبود قدرت عضلات پایین‌تنه مؤثر بود، ولی تأثیر معناداری بر توان بی‌هوازی و چابکی نداشت. در همین راستا برخی از مطالعات همسو با نتایج مطالعه حاضر هستند (۴-۷، ۱۱). تمرینات پلايومتریک با فعال‌سازی رفلکس کششی و بهینه‌سازی چرخه کشش-کوتاه شدن، به بهبود توان بی‌هوازی، چابکی و قدرت عضلات پایین تنه کمک شایانی می‌کنند (۱۴). این نوع تمرینات شامل حرکاتی هستند که در آنها یک کشش سریع عضله (فاز گریز از مرکز) بلافاصله با یک انقباض قوی و کوتاه شدن عضله (فاز درون‌گرا) دنبال می‌شود. این مکانیسم عصبی-عضلانی در نهایت به تولید نیروی بیشتر و سریع‌تر منجر می‌گردد. بهبود توان بی‌هوازی، که به قابلیت تولید انرژی سریع در غیاب اکسیژن کافی اطلاق می‌شود، برای فعالیت‌های انفجاری و کوتاه مدت مانند پرش‌ها، ضربات و تغییر جهت‌های ناگهانی در کاراته ضروری است (۱۲). تمرینات پلايومتریک با شدت بالا، با افزایش نرخ تولید نیرو و ارتقاء عملکرد سیستم عصبی-عضلانی، به طور مؤثری توان بی‌هوازی را افزایش می‌دهند. این بهبود از طریق چندین مکانیسم مهم صورت می‌گیرد؛ افزایش فعالیت عصبی از طریق همگام‌سازی و نرخ کدگذاری واحدهای حرکتی که منجر به فعال‌سازی همزمان و با فرکانس بالاتر فیبرهای عضلانی و در نتیجه تولید نیروی بیشتر می‌شود. این تمرینات همچنین آستانه تحریک واحدهای حرکتی را کاهش می‌دهند که به معنی نیاز به حداقل تحریک عصبی برای فعال‌سازی عضلات است (۱۲). بهبود رفلکس کششی نیز با افزایش حساسیت دوک‌های عضلانی و تقویت این رفلکس به ورزشکار اجازه می‌دهد تا نیروی بیشتری را در زمان کمتری تولید کند که برای حرکات انفجاری حیاتی است (۱۴). تغییرات بیومکانیکی شامل افزایش سختی و بهبود خاصیت ارتجاعی تاندون‌ها است که انرژی را در فاز گریز از مرکز جذب و در فاز درون‌گرا آزاد می‌کنند و منجر به افزایش توان و سرعت حرکت می‌شوند (۱۴). علاوه بر این، سازگاری‌های عضلانی شامل رشد و هایپرتروفی فیبرهای عضلانی تند انقباض (نوع دوم) که مسئول تولید نیروی بالا و سریع هستند، نیز در این فرآیند نقش دارند (۲۳). بهبود چابکی، به عنوان توانایی تغییر جهت سریع و مؤثر در پاسخ به محرک‌ها (۱۳)، از طریق تمرینات پلايومتریک با شدت بالا تقویت می‌شود. این تمرینات با افزایش ارتباط بین سیستم عصبی و عضلات و بهبود توانایی بدن در کنترل حرکت در جهات مختلف، چابکی را ارتقا می‌بخشند. بهبود کنترل عصبی-عضلانی، شامل هماهنگی درون‌عضلانی (همکاری فیبرهای عضلانی در یک عضله) و بین‌عضلانی (همکاری هماهنگ عضلات مختلف)، به ورزشکار اجازه می‌دهد تا حرکات تغییر جهت را با دقت و سرعت بیشتری انجام دهد (۱۳). افزایش نرخ تولید نیرو نیز همانند توان بی‌هوازی، در چابکی نقش کلیدی دارد، زیرا توانایی تولید نیروی بالا در زمان کوتاه برای شتاب‌گیری و کاهش سرعت ناگهانی ضروری است (۲۵). همچنین، تقویت استقامت عضلانی-عصبی از طریق حرکات مکرر و انفجاری در این تمرینات، عضلات و سیستم عصبی را برای تحمل بارهای بالا و بازیابی سریع آماده می‌کند که برای انجام حرکات چابکی در طول مسابقه حیاتی است (۲۲). بهبود قدرت عضلات پایین تنه برای اجرای ضربات قوی، پرش‌های بلند و حفظ ثبات در طول مبارزه کاراته ضروری است (۹). تمرینات پلايومتریک، چه با شدت بالا و چه با شدت متوسط، با ایجاد تنش مکانیکی و فعال‌سازی عصبی قابل توجه، به افزایش قدرت عضلانی منجر می‌شوند. تنش مکانیکی ناشی از بارهای تکراری و پرشدت باعث تحریک هایپرتروفی عضلانی (افزایش حجم عضله) می‌شود که مستقیماً با افزایش ظرفیت تولید نیرو توسط عضله مرتبط است. افزایش فعال‌سازی واحدهای حرکتی نیز از طریق بهبود قابلیت سیستم عصبی در فعال‌سازی تعداد بیشتری از واحدهای حرکتی، به تولید نیروی بیشتر کمک می‌کند (۲۳). علاوه بر این، این تمرینات با تقویت بافت همبند مانند تاندون‌ها و رباط‌ها، نه تنها به افزایش قدرت کمک می‌کنند بلکه خطر آسیب‌دیدگی را نیز کاهش

می‌دهند (۱۴).

با این حال برخی دیگر از پژوهش‌ها با نتایج مطالعه حاضر ناهمسو هستند (۳، ۸، ۱۳، ۲۰). ناهمسانی در نتایج با برخی مطالعات دیگر، به ویژه در مورد تأثیر تمرینات با شدت متوسط بر توان بی‌هوازی و چابکی، می‌تواند ناشی از عوامل متعددی باشد. تفاوت در پروتکل‌های تمرینی، از جمله نوع خاص تمرینات پلایومتریک، حجم و مدت زمان برنامه‌های تمرینی، و همچنین تعریف دقیق و شدت تمرینات "متوسط" در پژوهش‌های مختلف، می‌تواند به نتایج متفاوت منجر شود. به عنوان مثال، یک برنامه تمرینی با شدت متوسط ممکن است شامل تعداد تکرارها یا حجم کلی کمتری باشد که برای ایجاد سازگاری‌های لازم برای توان بی‌هوازی و چابکی کافی نیست. تفاوت در روش‌های اندازه‌گیری توان بی‌هوازی (مانند استفاده از آزمون RAST در مقابل آزمون وینگیت) (۲۴) و چابکی (استفاده از آزمون‌های مختلف تغییر جهت) نیز می‌تواند نتایج متفاوتی را به همراه داشته باشد، چرا که هر آزمون ممکن است جنبه‌های متفاوتی از یک ویژگی عملکردی را اندازه‌گیری کند. ویژگی‌های شرکت‌کنندگان از نظر سن، سطح تجربه تمرینی، سطح پایه آمادگی جسمانی، و نوع رشته ورزشی (کاراته در مقابل سایر ورزش‌ها) نیز می‌تواند بر پاسخ آن‌ها به تمرینات پلایومتریک تأثیر بگذارد (۱۳). ورزشکاران با سطح آمادگی پایه بالاتر ممکن است برای دستیابی به بهبود، نیاز به محرک‌های تمرینی قوی‌تری داشته باشند. در نهایت، وضعیت تمرینی قبلی و میزان سازگاری پیشین ورزشکاران با تمرینات پلایومتریک نیز می‌تواند بر پاسخ آن‌ها به برنامه‌های جدید تأثیرگذار باشد.

این پژوهش با محدودیت‌هایی مواجه بود که باید در تفسیر نتایج مورد توجه قرار گیرند. حجم نمونه نسبتاً کوچک بود که ممکن است قدرت آماری آزمون‌ها را کاهش داده و تعمیم‌پذیری نتایج را محدود کند. همچنین، ما تنها تأثیرات کوتاه مدت برنامه‌های تمرینی را بررسی کردیم و ارزیابی اثرات بلند مدت نیازمند مطالعات پیگیرانه است. علاوه بر این، کنترل دقیق سایر عوامل مؤثر بر عملکرد بی‌هوازی مانند رژیم غذایی و سایر فعالیت‌های ورزشی شرکت‌کنندگان به طور کامل صورت نگرفت.

نتیجه گیری:

نتایج این مطالعه نشان داد که برنامه تمرینی پلایومتریک با شدت بالا (۷۵-۸۵ درصد حداکثر ضربان قلب)، روشی مؤثرتر برای بهبود توان بی‌هوازی، چابکی و قدرت عضلات پایین تنه در کاراته‌کاران جوان نسبت به برنامه با شدت متوسط است. با این حال، برنامه‌های تمرینی با شدت متوسط (۶۵-۷۵ درصد حداکثر ضربان قلب)، نیز در توسعه قدرت عضلانی بدون ایجاد استرس زیاد بر روی بدن، مؤثر هستند و برای ورزشکاران جوان یا مبتدی مناسب‌ترند. بنابراین، انتخاب شدت تمرین باید با توجه به سن، سابقه تمرینی و اهداف عملکردی ورزشکار صورت گیرد. این یافته‌ها می‌توانند به مربیان و برنامه‌ریزان تمرین کاراته کمک کنند تا برنامه‌های آماده‌سازی را به گونه‌ای شخصی‌سازی کنند که به بهترین نحو میزان بهبود عملکرد را فراهم کند.

تضاد منافع:

نویسندگان این مقاله اظهار می‌دارند که هیچ تعارض منافی در انجام این تحقیق وجود ندارد. تمامی یافته‌ها و نتایج به دست آمده به طور مستقل و بدون حمایت مالی یا تبلیغات از سوی سازمان‌ها، شرکت‌ها یا افراد ثالث گزارش شده‌اند.

تشکر و قدردانی:

از تمامی افرادی که ما را در انجام این پژوهش یاری رساندند، سپاسگزاریم. پژوهش حاضر از طرح اعضای هیئت علمی در دانشگاه بین‌المللی امام خمینی قزوین بود.

منابع:

1. Loturco I, Artioli GG, Kobal R, Gil S, Franchini E. Predicting punching acceleration from selected strength and power variables in elite karate athletes: a multiple regression analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2014;28(7):1826-32.
2. Navickaitė A, Thomas G. Strength and conditioning considerations for kyokushin karate athletes. *Strength & Conditioning Journal*. 2023;45(3):272-82.
3. Sankey SP, Jones PA, Bampouras T. Effects of two plyometric training programmes of different intensity on vertical jump performance in high school athletes. *Serbian journal of sports sciences*. 2008;2(4):123-30.
4. Moreno-Azze A, Prad-Lucas E, Fandos Soñén D, Pradas de la Fuente F, Falcón-Miguel D. Plyometric training's effects on Young Male Karatekas' Jump, Change of Direction, and Inter-limb Asymmetry. *Sports*. 2023;12(1):1.
5. Yuan Q, Deng N, Soh KG. A meta-analysis of the effects of plyometric training on muscle strength and power in martial arts athletes. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*. 2025;17(1):12.
6. Pal S, Yadav J, Sindhu B, Kalra S. Effects of Plyometrics and Pilates Training on Physical Fitness Skills of Male Karate Athletes. *Journal of University of Shanghai for Science and Technology*. 2020;22(11):1121-36.
7. Ojeda-Aravena A, Herrera-Valenzuela T, Valdés-Badilla P, Báez-San Martín E, Thapa RK, Ramirez-Campillo R. A systematic review with meta-analysis on the effects of plyometric-jump training on the physical fitness of combat sport athletes. *Sports*. 2023;11(2):33.
8. Al-Syurgawi D. The effects of a 6-week plyometric training on agility performance in silat olahraga. *Malaysian Journal of Movement, Health & Exercise*. 2018;7(1):189-200.
9. Chaabene H, Negra Y, Capranica L, Prieske O, Granacher U. A needs analysis of karate kumite with recommendations for performance testing and training. *Strength & Conditioning Journal*. 2019;41(3):35-46.
10. Silva RM, González-Fernández F, Rusillo-Magdaleno A, Loureiro V, Pires D, Ferreira F, et al. The Effects of Post-Warm-Up Active and Passive Rest Periods on a Vigilance Task in Karate Athletes. *Behavioral Sciences*. 2024;14(11):1102.
11. Shen X. The effect of 8-week combined balance and plyometric on the dynamic balance and agility of female adolescent taekwondo athletes. *Medicine*. 2024;103(10):e37359.
12. Yudhistira D. High-intensity interval training method in karate athletes: Can it improve power, agility, and endurance in the Kumite category? *Journal Sport Area*. 2023;8(1):43-51.
13. Negra Y, Chaabene H, Hammami M, Amara S, Sammoud S, Mkaouer B, et al. Agility in young athletes: is it a different ability from speed and power? *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2017;31(3):727-35.
14. Bouguezzi R, Chaabene H, Negra Y, Ramirez-Campillo R, Jlalía Z, Mkaouer B, et al. Effects of different plyometric training frequencies on measures of athletic performance in prepuberal male soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2020;34(6):1609-17.

15. Gabbett TJ. The training—injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *British journal of sports medicine*. 2016;50(5):273-80.
16. Mujika I, Halson S, Burke LM, Balagué G, Farrow D. An integrated, multifactorial approach to periodization for optimal performance in individual and team sports. *International journal of sports physiology and performance*. 2018;13(5):538-61.
17. . !!! INVALID CITATION !!! (3, 4).
18. 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.
19. Filipas L, Bonato M, Maggio A, Gallo G, Codella R. Effects of plyometric training on different 8-week training intensity distributions in well-trained endurance runners. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2023;33(3):200-12.
20. Prawibowo M, Alnedral A, Neldi H, Chaeroni A. The effect of resistance and plyometric training methods with concentration on ability mawashi geri men's junior karate athlete dojo tako simalungun district. *Jurnal Konseling dan Pendidikan*. 2023;11(4):246-54.
21. Stanley E. Maximal punching performance in amateur boxing: An examination of biomechanical and physical performance-related characteristics. 2020.
22. Hernandez-Martinez J, Cid-Calfucura I, Valdés-Badilla P, Franchini E, García-García JM, Herrera-Valenzuela T. Acute and Chronic Effects of Muscle Strength Training on Physical Fitness in Boxers: A Scoping Review. *Applied Sciences*. 2024;14(21):9706.
23. Cid-Calfucura I, Herrera-Valenzuela T, Franchini E, Falco C, Alvial-Moscoso J, Pardo-Tamayo C, et al. Effects of strength training on physical fitness of olympic combat sports athletes: a systematic review. *International journal of environmental research and public health*. 2023;20(4):3516.
24. Queiroga MR, Cavazzotto TG, Katayama KY, Portela BS, Tartaruga MP, Ferreira SA. Validity of the RAST for evaluating anaerobic power performance as compared to Wingate test in cycling athletes. *Motriz: Revista de Educação Física*. 2013;19:696-702.
25. Yeadon F, Pain M. Fifty years of performance-related sports biomechanics research. 2023.