

The effect of a course of plyometric exercises on blood lactate levels and some indicators of aerobic and anaerobic fitness in female professional taekwondo athletes

Received:

2024/06/05

Accepted:

2024/08/31

Online ISSN

3060-7078

Bahloul Ghorbanian

1. Department of Sport Sciences,
Faculty of Psychology and
Education, Azarbaijan Shahid
Madani University, Tabriz, Iran

Roonak hossainzadeh

1. Department of Sport Sciences,
Faculty of Psychology and
Education, Azarbaijan Shahid
Madani University, Tabriz, Iran

***Correspondence:**

Bahloul Ghorbanian

Email:

b.gorbanian@gmail.com.com

[orcid/0000-0003-0958-0366](https://orcid.org/0000-0003-0958-0366)**ABSTRACT**

Purposes: plyometric exercises increase the speed of nerve conduction and increase the speed of muscle contraction. The purpose of this study was to investigate the effect of plyometric exercises on blood lactate levels and some indicators of aerobic and anaerobic fitness in female professional taekwondo athletes.

Materials and Methods: This study is semi-experimental and its statistical population is female taekwondo athletes from the city of Kermanshah, among whom 20 athletes were available as subjects with an age range of 16-35 years and a sports experience of at least 8 years and were randomly divided in two training groups (10 people) and control (10 people). The training protocol included 6 weeks of plyometric exercises, three sessions per week and each session was 55 minutes. The data were analyzed using the paired t test and ANOVA by SPSS24 software at a significance level of $p \leq 0.05$.

Results: The results of paired t-test showed that in the training group, the average values of speed ($p=0.032$), anaerobic power ($p=0.001$), and blood lactate ($p=0.001$) had a significant decrease in the post-test compared to the pre-test. Also, the results of ANOVA analysis showed that the mean values of speed ($P=0.003$) were significantly different, but the mean difference of agility variables ($P=0.145$), aerobic power ($P=0.15$), anaerobic ($P=0.07$) and blood lactate ($P=0.099$) was not significant.

Conclusion: According to the results of this study, this type of exercise can be suggested as a type of complementary exercise to improve the physical and motor performance of taekwondo athletes.

Keywords: Plyometric exercises, aerobic and anaerobic power, agility, speed, lactate, taekwondo

Extended abstract

Background: Today, various researches are dedicated to investigate the effect of different training programs on the abilities of athletes. So that the results of these researches have improved the performance of athletes and added to human knowledge in this field. Each of the training methods have different applications in developing the abilities of athletes according to their beneficial effects [1]. Taekwondo is one of the sports that is followed professionally in 140 countries of the world and 170 countries are officially members of the World Taekwondo Federation [2]. The sport of Taekwondo is an unarmed fighting technique for self-defense that involves the skillful use of techniques such as jumping kicks, dodging, and hand and footwork. In Taekwondo, the ability to generate maximum force in the shortest time is considered as a basic principle to obtain a high level of sports performance. In this regard, athletes have always tried to show their best performance. It seems that having aerobic power, anaerobic power, speed and agility are effective factors on the performance of martial athletes, especially taekwondo [3].

One of the training programs that will increase the level of aerobic power, anaerobic power, speed and agility in taekwondo athletes is plyometric exercises. The use of this training method in some sports fields, such as athletics, has caused the champions of other sports fields to use plyometric exercises in their training programs [4]. At the same time, this type of training increases the important capabilities of strength, speed and power, and strengthens nerve and muscle coordination [5]. Plyometric exercises specifically develop the ability to produce muscle force at high speeds (power generation) and in dynamic movements, these movements are associated with a stretch in the muscle and immediately followed by an explosive contraction of the muscle [6]. Since the ability to perform movements such as balance, reaction time and coordination is one of the main features of martial arts such as Taekwondo, it seems that plyometric exercises can increase performance in such activities. Since in each of the sports, one of the factors of strength, endurance, power, flexibility, speed or a combination of them is needed and they are different depending on the type of sport. For this reason, to perform movements, having high speed, power and explosive power is one of the important and necessary principles of physical fitness, which is very important in Taekwondo martial arts. Given that there are limited studies on the effect of plyometric exercises on physical performance indicators and blood lactate response in taekwondo athletes. Therefore, the purpose of this research was to investigate the effect of plyometric exercises on some indicators of physical fitness, physical performance and blood lactate response in female taekwondo athletes.

Methodology: This study is semi-experimental and its statistical population consists of female taekwondo athletes in Kermanshah city. According to the criteria for entering the study, 20 athletes as available subjects with an age range of 16-35 years and with at least 8 years of experience in sports competitions were selected and randomly divided into two groups of plyometric training (n=10) and control (n=10). The training protocol included 6 weeks of plyometric training (three sessions per week, and each session was 55 minutes), which was done in compliance with the principle of overload. In the pre and post-test, to measure the studied variables, the 45-meter sprint test was used to evaluate speed, the T-Test was used to evaluate agility, the RAST test was used to evaluate anaerobic power, and the shuttle run test (SRT) was used to evaluate aerobic power. Also, to evaluate changes in blood lactate before and after the intervention of the six-week exercise program, after performing an acute maximum exercise including the Bruce test on the treadmill before exercise and 48 hours after the last exercise session were evaluated through blood sampling. The data were analyzed using the correlation t test and ANOVA using SPSS version 24 software at a significance level of $p < 0.05$.

Results: The results of the intra-group analysis (paired t-test) showed that the average values of speed ($p=0.032$), anaerobic power ($p=0.001$), blood lactate ($p=0.001$) in the training group had a significant

decrease in the post-test compared to the pre-test, but aerobic power ($p=0.045$) showed a significant increase. Also, the results of analyzing the difference between groups (ANOVA) showed that the mean values of speed ($p=0.003$) had a significant difference, but the difference of agility ($p=0.145$), aerobic power ($p=0.15$), anaerobic power ($p=0.07$) and blood lactate level ($p=0.099$) and agility ($p=0.118$) were not significant.

Conclusion: The results of the present study indicate that plyometric exercises have improved the anaerobic power of the legs; it can be due to the increase in elasticity and adaptation of the neuromuscular system, during jumping and explosive movements. When the athlete performs a jumping movement, his body is affected by external forces and muscle contractions, and because chemical, mechanical, and nervous factors affect the force and stiffness of the contracting muscle, so the contraction speed increases from the outward to the inward phase. It causes a lot of power and explosive capabilities to be created in the skeletal muscles. Therefore, according to the nature of plyometric exercises, such findings are consistent with the principles of exercise science and exercise physiology. Since taekwondo is an Olympic sport and the athletes need jumping ability exercises to achieve maximum fitness and optimal execution of techniques with speed and strength, therefore according to the results of the present study in which plyometric exercises improved some factors of physical fitness in taekwondo girls, this type of training can be suggested as a type of complementary training to improve the physical and movement performance of taekwondo athletes.

تاثیر یک دوره تمرینات پولیومتریک بر مقایر لاکتات خون و برخی شاخص های آمادگی هوازی و بی هوازی در تکواندوکاران حرفه ای دختر

چکیده	<p>تاریخ ارسال: ۱۴۰۳/۰۳/۱۶</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۰</p> <p>شاپا الکترونیکی ۳۰۴۱-۸۶۶۶</p>
<p>مقدمه: تمرینات پلائیومتریک باعث افزایش سرعت هدایت جریان عصبی و افزایش سرعت انقباض عضلانی می‌گردد. هدف مطالعه حاضر بررسی اثر تمرینات پلائیومتریک بر مقادیر لاکتات خون و برخی شاخص های آمادگی هوازی و بی هوازی در تکواندوکاران حرفه ای دختر بود.</p> <p>روش تحقیق: این مطالعه نیمه تجربی بوده و جامعه آماری آن تکواندوکاران دختر شهر کرمانشاه می باشند که از بین آنها ۲۰ ورزشکار به عنوان آزمودنی در دسترس با دامنه سنی ۱۶-۳۵ سال و سابقه ورزشی حداقل ۸ سال انتخاب و بصورت تصادفی به دو گروه تمرین (۱۰ نفر) و کنترل (۱۰ نفر) تقسیم شدند. پروتکل تمرینی شامل ۶ هفته تمرینات پولیومتریک، سه جلسه در هفته و هر جلسه ۵۵ دقیقه بود. داده ها با استفاده از آزمون آماری تی همبسته و آنوا بوسیله نرم افزار SPSS24 در سطح معنی داری $P \leq 0/05$ تحلیل شد.</p> <p>یافته ها: نتایج آزمون تی همبسته نشان داد در گروه تمرین در پس آزمون نسبت به پیش آزمون میانگین مقادیر سرعت ($P=0/032$)، توان بی‌هوازی ($P=0/001$) و لاکتات خون ($P=0/001$) کاهش معنی دار و توان هوازی ($P=0/045$) افزایش معنی داری داشتند. همچنین نتایج تحلیل آنوا نشان داد میانگین مقادیر سرعت ($P=0/003$) تفاوت معنی دار داشتند اما تفاوت میانگی متغیرهای چابکی ($P=0/145$)، توان هوازی ($P=0/15$)، بی‌هوازی ($P=0/07$) و لاکتات خون ($P=0/099$) معنی دار نبود.</p> <p>نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج این مطالعه، می‌توان این نوع تمرین را بعنوان یک نوع تمرین مکمل جهت ارتقای عملکرد جسمانی و حرکتی ورزشکاران تکواندوکار پیشنهاد نمود.</p> <p>واژگان کلیدی: تمرینات پولیومتریک، توان هوازی و بی هوازی، چابکی، سرعت، لاکتات، تکواندو</p>	<p>بهلول قربانیان دانشیار فیزیولوژی ورزشی، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران.</p> <p>روناک حسین زاده گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران.</p> <p>* نویسنده مسئول: بهلول قربانیان ایمیل: b.gorbanian@gmail.com orcid/0000-0003-0958-0366</p>

مقدمه:

امروزه تحقیقات متنوعی به بررسی برنامه های تمرینی مختلف بر قابلیت های ورزشکاران اختصاص یافته است. به طوری که نتایج حاصل از این پژوهش ها موجب بهبود عملکرد ورزشکاران شده و بر دانش بشر در این زمینه افزوده است. هر یک از روش های تمرینی با توجه به تأثیرات مفید کاربردهای متفاوتی در توسعه توانایی های ورزشکاران دارند. در سالهای اخیر و با پیشرفت علوم ورزشی و تربیت بدنی روشهای نوینی ارائه گردیده که با وجود هزینه های کمتر و با صرف وقت کم و زیان های احتمالی کمتر نتایج بسیار خوبی بر مجموعه توانایی های ورزشکاران داشته است. پیشرفتهای روزافزون علوم ورزشی در سالهای اخیر چشمگیر بوده و آمادگی جسمانی و حرکتی نیز به عنوان بخش مهمی از این علم از تحول و توسعه به دور نبوده است و در دنیای مدرن متخصصان و کارشناسان ورزشی در بی بهره گیری از یافته های علمی برای آماده ساختن هر چه بهتر ورزشکاران خود هستند تا در این رهگذر آنان در رقابتهای دشوار ملی جهانی و المپیک به موفقیت دست یابند [۱].

تکواندو از جمله رشته های ورزشی است که در ۱۴۰ کشور جهان بصورت حرفه ای دنبال می شود و ۱۷۰ کشور بصورت رسمی در فدراسیون جهانی تکواندو عضو می باشند [۲]. ورزش تکواندو یکی از رشته های ورزشی المپیک می باشد که از فاکتورهای مهم آن استفاده ماهرانه از تکنیک هایی مانند زدن ضربات جهشی، جاخالی و فعالیت دست و پا است. در تکواندو و بسیاری از ورزش ها و بازی های دیگر توانایی تولید نیروی حداکثر در کوتاه ترین دوره زمانی به عنوان یک اصل اساسی برای بدست آوردن سطح بالایی از عملکرد ورزشی محسوب می شود. در این راستا ورزشکاران همیشه درصدد بوده اند بهترین عملکرد خود را به نمایش بگذارند به نظر می رسد توان هوازی، توان بی هوازی، و سرعت و چابکی عوامل موثر بر روی عملکرد ورزشکاران رزمی می باشد [۳].

یکی از برنامه های تمرینی که باعث اتقای سطح توان هوازی، توان بی هوازی، و سرعت و چابکی در تکواندوکاران بشود تمرینات پلایومتریک است. استفاده از این روش تمرینی در برخی از رشته های ورزشی مثل دو و میدانی سبب گردیده که قهرمانان سایر رشته های ورزشی نیز به استفاده از تمرینات پلایومتریک در برنامه های تمرینی روی آورند [۴]. این نوع تمرینات هم زمان قابلیت های مهم قدرت سرعت و توان را به خوبی افزایش می دهد و هماهنگی عصب و عضله را تقویت می کند [۵]. تمرینات پلایومتریک بطور ویژه توانایی تولید نیروی عضلات را در سرعت های بالا (تولید توان) و در حرکات پویا توسعه می دهد این حرکات با یک کشش در عضله و بلافاصله به دنبال آن با یک انقباض انفجاری عضله همراه هستند [۶]. از آنجایی که توانایی اجرای حرکات مانند تعادل، زمان عکس العمل و هماهنگی یکی از اصلی ترین ویژگی های ورزش های رزمی مانند تکواندو است به نظر می رسد تمرینات پلایومتریک بتوانند باعث افزایش عملکرد در این گونه فعالیت ها شوند. مطالعات نشان داده که تمرینات پلایومتریک باعث افزایش چابکی و سرعت ورزشکار می شود که از نیازهای ورزشکاران رشته تکواندو می باشد زیرا به ورزشکاران این امکان را می دهد زودتر به حریف ضربه بزنند و با حرکت سریع در فضای مناسب موقعیت ضربه به حریف خود را فراهم کند [۷، ۸]. در همین راستا چندین مطالعه نشان دادند که تمرینات پلایومتریک بر عملکرد ورزشکاران تاثیر مطلوب می گذارد. رواسی و همکاران (۱۳۹۳)، در تحقیقی تحت عنوان تأثیر تمرین پلایومتریک قدرتی و ترکیبی بر چابکی کشتی گیران آزادکار جوان شهرستان ایلام به این نتیجه رسید که بیشترین تأثیر بر بهبود چابکی ابتدا مربوط به تمرینات ترکیبی سپس تمرینات پلایومتریک و در نهایت تمرینات قدرتی بوده است [۹]. رامیرز (۲۰۰۸) نیز تأثیر ترکیب برنامه های وزنه تمرینی با تمرینات پلایومتریک را به مدت ۶ هفته بر روی آمادگی جسمانی، ترکیب بدن و سرعت باز شدن زانو در هنگام شوت زدن مورد مطالعه قرار داد که یافته ها حاکی از آن بود که توان بی هوازی در گروه تجربی دارای افزایش معناداری بود و همچنین در سایر فاکتورها گروه تجربی دارای افزایش قابل ملاحظه ای بود [۱۰]. از آنجایی که در هر یک از رشته های ورزشی به یکی از عوامل قدرت، استقامت، توان،

انعطاف‌پذیری، سرعت و یا تلفیقی از آنها نیاز هست و بسته به نوع ورزش با هم متفاوت هستند. به همین دلیل برای اجرای حرکات، داشتن سرعت زیاد، توان و قدرت انفجاری مناسب از اصول مهم و ضروری آمادگی جسمانی است که در رشته رزمی تکواندو بسیار مهم است. با توجه به اینکه مطالعات محدودی در زمینه تأثیر تمرینات پلائیومتریک بر شاخص‌های عملکرد جسمانی و پاسخ لاکتات خون در تکواندوکاران وجود دارد. بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر تمرینات پلائیومتریک بر برخی شاخص‌های آمادگی جسمانی، عملکرد فیزیکی و پاسخ لاکتات خون در تکواندوکاران دختر بود.

روش تحقیق:

این مطالعه از نوع نیمه تجربی بوده و جامعه آماری آن را تکواندوکاران دختر شهر کرمانشاه تشکیل می‌دهند که از بین آنها ۲۰ ورزشکار به عنوان آزمودنی در دسترس با دامنه سنی ۱۶-۳۵ سال، میانگین وزنی ۵۹/۶۲ کیلوگرم، قد ۱۶۴ سانتی متر، شاخص توده بدنی ۲۱/۵ و دارای حداقل ۸ سال سابقه حضور در رقابت‌های ورزشی انتخاب و بصورت تصادفی به دو گروه تمرین پلئیومتریک (۱۰ نفر) و کنترل (۱۰ نفر) تقسیم شدند. معیارهای ورود به مطالعه شامل داشتن حداقل ۸ سابقه سال فعالیت ورزشی و شرکت در مسابقاتی نظیر لیگ برتر و یا قهرمانی کشور و استانی، داشتن حداقل کمر بند مشکی، عدم آسیب دیدگی و یا ابتلا به بیماری خاص و عدم مصرف سیگار و الکل بود. قبل از هر گونه مداخله تمرین، روند تحقیق برای آزمودنی‌ها توضیح داده شد و از آنها رضایت نامه کتبی اخذ شد. در ادامه ویژگی‌های آنتروپومتریکی شامل (وزن، قد، شاخص توده بدنی و نسبت دور کمر به لگن) اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری متغیرهای مطالعه

بعد از اخذ رضایت نامه کتبی ابتدا ویژگی‌های عمومی شامل قد که با استفاده از قدسنج و متر نواری با دقت ۰/۱ سانتی متر، وزن بوسیله ترازوی استاندارد با دقت ۰/۱ کیلوگرم، شاخص توده بدن با استفاده از فرمول وزن بدن تقسیم بر مجذور قد به متر اندازه‌گیری شد. ابتدا جهت اندازه‌گیری لاکتات خون در پیش‌آزمون، قبل از اجرای آزمون‌های مربوط به ارزیابی متغیرهای مورد مطالعه و مداخله تمرین، از آزمودنی‌ها تست وامانده ساز بروس بر روی تردمیل بعمل آمد بلافاصله بعد از انجام در حالت نشسته مقدار ۵ سی سی خون از ورید بازوئی خونگیری جهت اندازه‌گیری لاکتات خون بعمل آمد. اجرای تست بروس در پس‌آزمون نیز ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه مداخله تمرین مجدداً تکرار شد و خون‌گیری مجدد به مقدار ۵ سی سی از ورید بازوئی بعمل آمد نمونه‌های خونی گرفته شده در هر دو مرحله پس از ریختن در لوله‌های آزمایش، سپس، برای جداسازی سرم، نمونه به مدت ۵ دقیقه و با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ (Orom Tajhiz) قرار داده شد و تا پایان پژوهش در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد نگهداری گردید. در مرحله بعدی آزمون‌های آمادگی حرکتی جهت ارزیابی متغیرها شامل سرعت با استفاده از آزمون سرعت دویدن (۴۵ متر)، چابکی با استفاده از آزمون T [۱۱]، توان هوازی با استفاده از آزمون شاتل ران [۱۲] و توان بی‌هوازی با استفاده از آزمون دوی رفت و برگشت رست (RAST) [۱۳] اجرا شد. سپس آزمودنی‌های گروه تمرین پلئیومتریک علاوه بر دنبال نمودن تمرینات تکواندو مطابق برنامه، پروتکل تمرینی شامل ۶ هفته تمرینات پلئیومتریک، سه جلسه در هفته و هر جلسه ۵۵ دقیقه بود که با رعایت اصل اضافه بار انجام گرفت (طبق جدول ۱). گروه کنترل نیز فقط در برنامه تمرینات اختصاصی تکواندو شرکت کردند. بعد از اعمال مداخله تمرین ۶ هفته‌ای مجدداً آزمون ارزیابی متغیرها تکرار شد.

جدول ۱. برنامه تمرینی پلائیومتریک [۹].

تمرین پلائیومتریک	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم و چهارم	هفته پنجم و ششم
پرش عمقی	۳×۶ (شدت کم)	۳×۸ (شدت متوسط)	۴×۷ (شدت بالا)	۴×۸ (شدت بالا)
پرش به طرفین	۳×۶ (شدت کم)	۳×۸ (شدت متوسط)	۴×۷ (شدت بالا)	۴×۸ (شدت بالا)
پرش جعبه به جعبه	۲×۶ (شدت کم)	۳×۵ (شدت متوسط)	۴×۵ (شدت بالا)	۴×۶ (شدت بالا)
پرش از مانع های فلزی	۴×۷ (شدت کم)	۴×۷ (شدت متوسط)	۴×۸ (شدت بالا)	۴×۸ (شدت بالا)
پرش از مخروط	۴×۷ (شدت کم)	۴×۷ (شدت متوسط)	۴×۸ (شدت بالا)	۴×۸ (شدت بالا)
پرتاب توپ مدیسینال از پهلو	۴×۷ (شدت کم)	۴×۷ (شدت متوسط)	۴×۸ (شدت بالا)	۴×۸ (شدت بالا)
پرتاب توپ مدیسینال به سمت بالا	۴×۷ (شدت کم)	۴×۷ (شدت متوسط)	۴×۸ (شدت بالا)	۴×۸ (شدت بالا)

روشهای تجزیه و تحلیل آماری:

توزیع طبیعی متغیرهای تحقیق با استفاده از آزمون نرمالیت‌های شاپروویلیک در گروه‌های پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. همچنین از آزمون لون برای بررسی تجانس واریانس‌ها استفاده شد. برای بررسی تفاوت‌های درون‌گروهی از آزمون تی همبسته و برای بررسی تفاوت‌های بین‌گروهی از آزمون تحلیل واریانس ANOVA استفاده شد. داده‌ها با استفاده از آزمون آماری تی همبسته و آنوا بوسیله نرم افزار SPSS نسخه ۲۴ در سطح معنی داری $p \leq 0.05$ تحلیل شد.

نتایج:

مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج بررسی درون‌گروهی (آزمون تی همبسته) نشان داد که میانگین مقادیر مربوط به سرعت ($p=0.032$)، توان هوازی ($p=0.045$)، بی‌هوازی ($p=0.001$)، و همچنین میزان لاکتات خون ($p=0.001$) در گروه تمرین در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون بهبودی معنی‌داری داشتند اما تغییرات مربوط به چابکی ($p=0.118$) معنی‌دار نبود. همچنین نتایج بررسی تفاوت بین‌گروهی (آنوا) نشان داد که میانگین مقادیر مربوط به سرعت ($p=0.003$) تفاوت معنی‌دار داشتند اما تفاوت میانگین‌های دو گروه در متغیرهای چابکی ($p=0.145$) توان هوازی ($p=0.15$)، بی‌هوازی ($p=0.07$) و میزان لاکتات خون ($p=0.099$) معنی‌دار نبود (جدول ۳).

جدول ۲: مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌ها

متغیر	گروه	
	پلائیومتریک (n=۱۰)	کنترل (n=۱۰)
سن (سال)	۲۵/۲	۵/۱۸
وزن (کیلوگرم)	۵۷/۵۰	۳/۵۰
قد (سانتی‌متر)	۱۶۲	۱۶۶
BMI (kg/m ²)	۲۱/۶۴	۰/۶۹
سابقه ورزشی (سال)	۸/۳	۲/۳۵
انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
	۴/۴۷	۲۴/۴
	۲/۹۳	۶۰/۲۰
	۱/۰۳	۱۶۶
	۱/۰۴	۲۱/۹۸
	۱/۴۳	۹/۵

جدول ۳: نتایج مربوط به آزمون t زوجی و آنوای متغیرهای مورد مطالعه در آزمودنی‌ها

ANOVA (Sig)	پلائیومتریک (n=۱۰)		کنترل (n=۱۰)		گروه	متغیر	
	t-test (sig)	پس آزمون	t-test (sig)	پس آزمون			
۰/۰۰۳**	۰/۰۳۲*	۷/۷۰ ± ۰/۳۸	۷/۹۶ ± ۰/۲۳	۰/۱۲۳	۸/۱۹ ± ۰/۱۳	۸/۱۲ ± ۰/۱۷	سرعت (m/s)
۰/۱۴۵	۰/۱۱۸	۱۴/۰۸ ± ۱/۲۹	± ۱/۲۵ ۱۴/۴۰	۰/۸۰۹	۱۵/۷۶ ± ۱/۵۵	± ۱/۰۵ ۱۴/۷۷	چابکی (s)
۰/۱۵	۰/۰۰۱*	۴۹/۸۹ ± ۳/۳۹	± ۳/۵۶ ۴۸/۱۹	۰/۷۳۹	۴۷/۲۴ ± ۲/۲۷	± ۱/۹۶ ۴۷/۱۶	توان هوازی (VO2max) (میلی‌لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه)
۰/۰۷	۰/۰۰۱*	۹۱/۷۳ ± ۳/۲۰	± ۳/۷۶ ۸۹/۶۹	۰/۰۸۴	۸۸/۷۹ ± ۳/۰۸	± ۲/۷۳ ۸۸/۲۸	توان بی‌هوازی (کیلوگرم متر بر ثانیه)
۰/۰۹۹	۰/۰۰۱*	۴۷/۹۷ ± ۴/۰۶	± ۴/۸۹ ۵۲/۳۵	۰/۳۰۴	۵۱/۶۲ ± ۴/۰۰	± ۴/۱۴ ۵۲/۱۰	لاکتات خون (میلی گرم بر دسی لیتر)

*: تفاوت درون گروهی، **: تفاوت بین گروهی

بحث:

یافته‌های پژوهش نشان داد که ۶ هفته تمرین پلائیومتریک باعث بهبود معنی دار درون گروهی در همه متغیرها (بغیر از چابکی) گردید. اما بررسی تفاوت بین گروهی حاکی از آن بود که فقط متغیر سرعت تغییر معنی دار داشته بقیه معنی دار نبودند. پلائیومتریک با هدف ارتقای اجرای ورزشی ورزشکاران انجام می‌شوند و عضلات بیشتری را درگیر می‌سازند، نتایج پژوهش‌های انجام شده حاکی از اثرگذاری تمرینات پلائیومتریک بر توان بی‌هوازی پاها، به سبب افزایش خاصیت ارتجاعی و سازگاری سیستم عصبی-عضلانی، در حین حرکات جهشی و انفجاری می‌باشد. هنگامی که ورزشکار، حرکت پرشی انجام می‌دهد، بدن او تحت تأثیر نیروهای خارجی و انقباضات عضلانی است و چون عوامل شیمیایی، مکانیکی و عصبی، نیرو و سفتی عضله در حال انقباض را تحت تأثیر قرار می‌دهند، بنابراین افزایش سرعت انقباض از مرحله برون‌گرا به درون‌گرا باعث می‌شود که نیرو و قابلیت‌های انفجاری زیادی در عضلات اسکلتی ایجاد شود. لذا با توجه به ماهیت تمرینات پلائیومتریک چنین یافته‌هایی با اصول علم تمرین و فیزیولوژی ورزش مطابقت دارد. البته عوامل احتمالی دیگری از جمله افزایش درگیری واحدهای حرکتی، فراخوانی تکانشهای عصبی که موجب فعال شدن واحدهای حرکتی می‌شود نیز می‌تواند از عوامل احتمالی افزایش توان بی‌هوازی باشد [۱۴]. امین احمدی و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی به بررسی اثر تمرین پلائیومتریک و تناوبی سرعتی بر عوامل آمادگی جسمانی و حرکتی فوتبالیست‌های نوجوان پرداختند و نشان دادند که شش هفته تمرین پلائیومتریک باعث بهبود عملکرد توان انفجاری پاها می‌شود [۱۵]. در پژوهش دیگری اسدی و همکاران (۲۰۱۷) نیز افزایش معنی داری در میزان پرش عمودی و توان انفجاری پاها را در بسکتبالیست‌های جوان بعد از هشت هفته تمرین پلائیومتریک را گزارش کردند [۱۶]. بعلاوه، رامایرز و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که افزایش معنی داری در توان انفجاری زنان فوتبالیست بعد از هفت هفته تمرین پلائیومتریک ایجاد شده است که همسو با یافته‌های پژوهش حاضر می‌باشند [۱۷]. در مقابل، بوترا و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی اثر هشت هفته تمرینات ترکیبی پلائیومتریک و تعادلی بر عملکرد ورزشی زنان بسکتبالیست پرداختند و گزارش کردند که هیچگونه اختلاف معنی داری در میزان پرش اسکات، پرش تکراری روبه جلو، پرش عمقی و توان پرش عمقی در بسکتبالیست‌های زن بعد از هشت مشاهده نشد که علت عدم تغییر را تعییرات حداکثری فاکتورهای فوق در زنان بسکتبالیست در اثر تمرینات پیشین اعمال شده جهت حداکثر آمادگی برای بسکتبال اعلام نمودند [۱۸].

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته تمرین پلائیومتریک باعث کاهش معنی داری در زمان دوی سرعت ۴۵ متر در ورزشکاران دختر تکواندوکار در گروه تجربی شده است، درحالی‌که هیچگونه اختلاف معنی داری در گروه کنترل مشاهده نشد. از آنجا که تمرینات پلائیومتریک در چرخه کشش - انقباض سبب تغییر سرعت در مرحله انقباض برون‌گرا و درون‌گرا را به همراه دارد. در نتیجه، تمرینات پلائیومتریک سبب افزایش و بهبود عملکرد سرعتی میشود [۱۹]. امین احمدی و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی به بررسی اثر تمرین پلائیومتریک و تناوبی سرعتی بر عوامل آمادگی جسمانی و حرکتی فوتبالیست‌های نوجوان پرداختند و نشان دادند که شش هفته تمرین پلائیومتریک باعث بهبود عملکرد سرعتی میشود [۱۹]. در همین راستا، چائوچی و همکاران (۲۰۱۴) از طرفی در پژوهشی افزایش قابل توجهی در زمان دوی سرعت ۱۰ متر پسران نوجوان ۱۲ تا ۱۵ ساله بعد از هشت هفته تمرینات ترکیبی تعادلی و پلائیومتریک گزارش کردند [۲۰].

یکی دیگر از یافته‌های پژوهش حاضر، عدم بهبود معنی دار عملکرد چابکی بعد از شش هفته تمرین پلائیومتریک در دختران تکواندوکار بعد از تمرینات پولیومتریک بود. چابکی یکی از قابلیت‌هایی است که در حیطه آمادگی حرکتی قرار دارد و فرد با توجه به سرعت و فرم بدن، جهت حرکت خود را به صورت غیرارادی، با حفظ تعادل، سرعت و دقت زیاد، تغییر می‌دهد. چابکی با عوامل دیگر آمادگی جسمانی در ارتباط است و به قدرت، استقامت، سرعت، تعادل و مهارت بستگی دارد. چابکی، یکی از عوامل مؤثر در اجرای فعالیت‌های ورزشی است، که گاهی در انجام برخی مهارت‌های شغلی و روزمره نیز به کار می‌آید [۲۱].

این یافته با یافته‌ها عبدی و همکاران (۲۰۰۴) به بررسی مقایسه تمرین‌های دایره‌ای با پلائیومتریک بر عملکرد چابکی تکواندوکاران پرداختند که هیچگونه اختلاف معنی داری در عملکرد چابکی گروه پلائیومتریک مشاهده نشد که همسو با یافته‌های پژوهش حاضر می‌باشد [۲۲]. علت عدم معنی داری احتمالاً مربوط به مدت و شدت تمرینات و نوع برنامه پولیومترک و چگونگی ارزیابی عملکرد چابکی باشد. اما علت افزایش عملکرد سرعتی در پژوهش حاضر احتمالاً به دلیل پاسخ بهتر دستگاه عصبی - عضلانی از طریق عضلات درگیر در فعالیت‌های توانی و لحظه‌ای باشد [۲۳]. از طرفی توانایی برای اعمال حداکثر قدرت عضله در یک دوره کوتاه موجب افزایش قابلیت سرعتی و قدرتی عضله میشود که این عامل به نظر میرسد در افزایش چابکی مؤثر باشد. همچنین لازمه تغییر سرعت و تغییر جهت سریع، سرعت چرخشی کشش - کوتاه شدن عضلانی است که پایه و اصل تمرینات پلائیومتریک است [۲۴].

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که تمرینات پلائیومتریک در طی دوره ۶ هفته‌ای باعث افزایش معنادار توان هوازی نسبت به حالت پایه شدند. تحقیقات همسو با نتایج پژوهش حاضر سنگ و همکاران (۲۰۰۹)، و رامچانداران و همکاران (۲۰۱۴) بود [۲۵، ۲۶]. در تمرینات پلائیومتریک از آنجایی که عضلات ابتدا با انقباض برون‌گرا و سپس به طور سریع با انقباضات درون‌گرا مواجه می‌شوند، می‌توان منجر به توسعه اجرای توان انفجاری کردند که این عامل می‌تواند به عنوان دلیل احتمالی در افزایش میزان پرش عمودی و در نتیجه همسو بودن با نتایج پژوهش حاضر باشد. زمانی که عضلات فعال در طول اجرای تمرینات دچار کشش می‌شوند انرژی پتانسیل الاستیکی را در خود ذخیره می‌کنند که مشابه ذخیره انرژی انقباضی در یک دوی سرعت است. لذا وقتی این انرژی آزاد می‌شود؛ مقادیر انقباض ایجاد شده در تارهای عضلانی افزایش می‌یابد و موجب افزایش در پرش عمودی می‌گردد [۲۷].

از دیگر یافته‌های پژوهش حاضر بهبود توان بی‌هوازی در اثر تمرینات پلائیومتریک بود که با نتایج برخی مطالعات همسو بود. تحقیقات اخیر نشان داده‌اند که یکی از سازوکارهای بهبود اجرای بی‌هوازی، افزایش آنزیم‌های بی‌هوازی همچون افزایش حداکثر فعالیت فسفوفروکتوکیناز و لاکتات دهیدروژناز می‌باشد [۲۸]. همچنین در تحقیق دیگری نشان دادند که شش هفته تمرین تناوبی سرعتی (۱۵ و هله ۱۰ ثانیه‌ای دوچرخه سواری) موجب افزایش معنی دار فعالیت آنزیم‌های فسفوفروکتوکیناز و

کراتین کیناز عضلانی می شود، که این امر بیانگر افزایش ظرفیت بی هوازی در عضلات تمرین کرده است [۲۹]. در مطالعه حاضر تغییر سطح لاکتات خون در گروه تمرین در مقایسه با گروه کنترل بعد از انجام مداخله معنی دار بود. کاهش سطوح لاکتات احتمالاً بخاطر سازگاری های ایجاد شده در عضله بویژه در خصوص غلظت و عملکرد گیرنده های MCT1 و MCT2 مربوط به لاکتات که باعث شاتل لاکتات بین تارهای تند انقباض با خون و تارهای کند انقباض می شود تا حداکثر پاکسازی لاکتات اتفاق بیافتد. در کل این تغییرات سلولهای عضلانی را قادر میسازند ساز و کارهای تردد درون سلولی و برون سلولی لاکتات را افزایش دهند. در واقع ورزشکارانی که آستانه توان بی‌هوازی بالاتری داشته باشند، پروسه تخلیه اسید لاکتیک از بافت سریع تر انجام میگیرد که میتواند تولید اسید لاکتیک را کاهش دهد [۳۰].

نتیجه گیری:

از آنجائی که تکواندو یک ورزش المپیکی هست و ورزشکاران برای رسیدن به حداکثر آمادگی و اجرای مطلوب تکنیک ها با سرعت و قدرت نیازمند تمرینات توانی جهشی هستند لذا با توجه به نتایج مطالعه حاضر که در آن تمرینات پولیومتریک باعث بهبود برخی فاکتورهای آمادگی جسمانی در دختران تکواندوکار شده لذا می توان این نوع تمرین را بعنوان یک نوع تمرین مکمل جهت ارتقای عملکرد جسمی و حرکتی ورزشکاران تکواندوکار پیشنهاد نمود.

تشکر و قدردانی:

بدین وسیله نویسندگان مقاله از آزمودنی های شرکت کننده در پژوهش حاضر کمال تشکر و امتنان را دارند.

تضاد منافع:

هیچ گونه تضاد منافع بین نویسندگان وجود ندارد

منابع:

- Shah S. Plyometric exercises. International journal of health sciences and research. 2012;2(1):115-26.
- Booth MA, Orr R. Effects of plyometric training on sports performance. Strength & Conditioning Journal. 2016;38(1):7-30.
- Moradi A, Moradi F. The Effect of Eight Weeks of Sprint Interval Training on Levels of Lipocalin-2, Lipid Profile, Body Composition and Some Components of Physical Fitness of Young Female Volleyball Players: A Randomized Clinical Trial. JRUMS 2019; 18 (8) :769-782
- M H, A H, R A. The effect of high-intensity interval training and high-intensity resistance training on the Lipid profile and body composition in overweight and obese men. Journal title 2020; 8 (3) :61-74
- Pieter W. Taekwondo. Combat sports medicine. 2009; 236-86
- Christopher, John Gore. Physiological Tests for Elite Athletes, Australian Sports Commission, Human Kinetics, 2000; 224-237
- De Villarreal ES-S, Requena B, Newton RU. Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. Journal of science and medicine in sport. 2010;13(5) ; 513-22.

- Bridge CA, Ferreira da Silva Santos J, Chaabene H, Pieter W, Franchini E. Physical and physiological profiles of taekwondo athletes. *Sports Medicine*. 2014;۴۴:۷۱۳-۳۳
- Ramírez-delaCruz M, Bravo-Sánchez A, Esteban-García P, Jiménez F, Abián-Vicén J. Effects of plyometric training on lower body muscle architecture, tendon structure, stiffness and physical performance: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine-Open*. 2022;8(1):1-29.
- Glassman G. The CrossFit training guide. *CrossFit Journal*. 2010;30(1):1-115.
- Glassman G. Understanding CrossFit. *East Valley Crossfit Newsletter*(۱). 2010:1-115.
- Shiraev T, Barclay G. Evidence based exercise: Clinical benefits of high intensity interval training. *Australian family physician*. 2013;41(12): 2-960
- Ghasemi G A, Marandi SM, Rahimi Naser, Bakrani Akbar. The Comparison of common taekwondo and plyometric training on vertical jumping, agility and speed of adolescent taekwondo players. *Journal of Applied Exercise Physiology*, 2014, 10 (20): 35-46.
- رضمان امین احمدی، امیر حسین حقیقی، محمد رضا حامدی نیا. (۱۳۹۶). یک دوره تمرینات پلائیومتریک و تناوبی سرعتی بر برخی عوامل آمادگی جسمانی و عملکرد فوتبالیست های نوجوان. *پژوهشنامه فیزیولوژی ورزشی کاربردی*، ۱۳(۲۵)، ۱۹۷-۲۱۰.
- Asadi A, Ramirez-Campillo R, Meylan C, Nakamura FY, Canas-Jamett R, and Izquierdo M. Effects of volume-based overload plyometric training on maximal- intensity exercise adaptations in young basketball players. *J Sports Med Phys Fitness*, 2017, 57: 1557-1563.
- Ramirez-Campillo R, Gonzalez-Jurado JA, Martinez C, Nakamura FY, Penailillo L, Meylan CM, Caniqueo A, Canas-Jamet R, Moran J, Alonso-Martinez AM, and Izquierdo M. Effects of plyometric training and creatine supplementation on maximal- intensity exercise and endurance in female soccer players. *J Sci Med Sport*, 2016, 19: 682- 687.
- Ichrak Bouteraa, Yassine Negra, Roy J. Shephard and Mohamed Souhail Chelly. Effects of combined balance and plyometric training on athletic performance in female basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2020,34 (7): 1967-1973.
- Slimani M, Chamari K, Miarka B, Del Vecchio FB, Chéour F. Effects of plyometric training on physical fitness in team sport athletes: a systematic review. *Journal of human kinetics*. ۲۰۱۶;۵۳(۱):۲۳۱-۴۷
- Chaouachi A, Othman AB, Hammami R, Drinkwater EJ, and Behm DG. The combination of plyometric and balance training improves sprint and shuttle run performances more often than plyometric-only training with children. *J Strength Cond Res*, 2014, 28: 401-412.
- Daneshjoo A, Raeisi S. Effect of Eight Weeks Plyometric Training on Some Kinematic Parameters, Horizontal Jumping Power, Agility, and Body Composition in Elite Parkour Athletes. *J Sport Biomech* 2020; 6 (1) :54-65
- Abdi Ahmad, The Comparison of circular and plyometric Training on speed, agility and anaerobic power in taekwondo players. *Msc Thesis, Islamic Azad University of Karaj*, 2004.
- Filipa A, Byrnes R, Paterno M, Myer G, Hewett T. Neuromuscular training improves performance on the star excursion balance test in young female athletes. *Journal of orthopedic & sports physical therapy*, 2010, 40(9):551-558.
- Luka B and Serbia N. The effect of the plyometric sport training model development of the vertical jump of volleyball players. *Physical education and sport*, 2002, 9:11-25.
- Singh A. Effect of plyometric training on reaction time of male footballers. *J Strength Cond Res*. 2009; 332: 5-23.
- Ramachandran S, Pradhan B. Effects of short-term two weeks low intensity plyometrics combined

- with dynamic stretching training in improving vertical jump height and agility on trained basketball players. *Indian J Physiol Pharmacol* 2014 Apr-Jun;58(2):133-6
- MacInnis MJ, Gibala MJ. Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *The Journal of physiology*. 2017 May 1; 595(9): 2915–2930
- Alam S, Pahlavani HA, Monazami M, Vatandoust M, Nasirzade A. The effect of plyometric circuit exercises on the physical preparation indices of elite handball player. *Advances in Environmental Biology*. Volume 6, Issue 7, 2012 , Pages 2135-2140.
- Davies G, Riemann BL, Manske R. Current concepts of plyometric exercise. *International journal of sports physical therapy*. 2015 Nov; 10(6): 760–786.
- Linossier M-T, Denis C, Dormois D, Geysant A, Lacour J. Ergometric and metabolic adaptation to a 5-s sprint training programme. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1993;67(5):408-14