

The effect of plyometric training in water with and without blood flow restriction on physical fitness in active young girls

Negar Jamili¹, Seyed Alireza Hosseini Kakhk^{2*}, Roya Askari¹, Bahram Sadeghi¹

1. Faculty of Sports Sciences, Hakim Sabzevari University, Iran

2. Faculty of Sports Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Abstract

Background and Purpose: The effect of plyometric training on physical fitness is well known and the effect of exercise training with blood flow restriction has also been studied. However, the effect of aquatic plyometric training with blood flow restriction has not been studied. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of aquatic plyometric training with and without blood flow restriction on physical fitness in young active women.

Materials and Methods: The study was a quasi-experimental research with a pre-posttest design. Thirty young women aged 18 to 30 years were randomly allocated to three groups including: aquatic plyometric training with blood flow restriction (n=10), aquatic plyometric training without blood flow restriction (n=10) and control (n=10). The training protocol included six weeks of plyometric training (three days a week). The intensity of training (number of sets and repetitions) was considered less in the group with blood flow restriction than the other group. Restriction of blood flow was applied by tightening the elastic band on the upper thigh. Physical fitness tests were carried out before and after the training program. Data were analyzed by using repeated measures of ANOVA and using SPSS software. The significant level was set at $P \leq 0.05$.

Results: Significant improvements were found in fat percentage, anaerobic power, lower body explosive power, speed and maximum strength following aquatic plyometric training with blood flow restriction ($P < 0.05$). However, there were no significant differences between the groups for other physical fitness variables including weight, body mass index, agility and upper body power ($P > 0.05$).

Conclusion: According to the results of this study, aquatic plyometric training with blood flow restriction could be effective in improving the fat percentage, anaerobic power, lower body power, speed and maximum strength of young active women.

Keywords: Aquatic Plyometric Training, Blood Flow Restriction, Physical Fitness.

How to cite this article: Jamili N, Hosseini Kakhk S A, Askari R, Sadeghi B. The effect of plyometric exercises in water with and without blood flow restriction on the physical fitness of active young girls. *J Sport Exerc Physiol.* 2023;16(3):44-54.

*Corresponding Author's E-mail: hosseinik@um.ac.ir

<https://doi.org/10.48308/joeppa.2023.103907>

Received: 01/05/2023

Revised: 19/07/2023

Accepted: 29/07/2023



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

تأثیر تمرینات پلایومتریک در آب با و بدون محدودیت جریان خون بر آمادگی جسمانی دختران جوان فعال

نگار جمیلی^۱، سید علی‌رضا حسینی کاخک^{۲*}، رویا عسکری^۱، بهرام صادقی^۱

۱. دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، ایران

۲. دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

چکیده

زمینه و هدف: تأثیر تمرینات پلایومتریک بر آمادگی جسمانی به خوبی مشخص شده است. همچنین اثر تمرینات ورزشی همراه با محدودیت جریان خون نیز بررسی شده است. ولی در مورد اثر تمرینات پلایومتریک در آب همراه با محدودیت جریان خون پژوهشی انجام نگرفته است. بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر تمرینات پلایومتریک در آب با و بدون محدودیت جریان خون بر آمادگی جسمانی دختران جوان فعال انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون بود. آزمودنی‌ها ۳۰ دختر جوان ۱۸ تا ۲۰ سال فعال بودند که به طور تصادفی به سه گروه تمرین پلایومتریک در آب با محدودیت جریان خون (ده نفر)، تمرین پلایومتریک در آب بدون محدودیت جریان خون (ده نفر) و کنترل (ده نفر) تقسیم و جایگزین شدند. تمرین شامل شش هفته (سه جلسه در هفته) تمرینات پلایومتریک بود. شدت تمرینات (نوبت و تکرار) در گروه با محدودیت جریان خون کمتر از گروه دیگر (۲۰ درصد یک تکرار بیشینه) در نظر گرفته شد. محدودیت جریان خون از طریق بستن باند الاستیکی به بخش فوقانی ران اعمال شد. آزمون‌های آمادگی جسمانی پیش و پس از برنامه تمرینی گرفته شد. داده‌ها با استفاده از روش آماري آنوا با اندازه‌گیری مکرر و به کمک نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل شد. سطح معناداری $P \leq 0/05$ در نظر گرفته شد.

نتایج: بهبود معناداری در درصد چربی، توان بی‌هوازی، توان انفجاری پا، سرعت و قدرت بیشینه در گروه تمرین پلایومتریک در آب با محدودیت جریان خون دیده شد ($P \leq 0/05$). در سایر متغیرهای آمادگی جسمانی شامل وزن، شاخص توده بدن، چابکی و توان بالاتنه تفاوت معناداری بین گروه‌ها وجود نداشت ($P > 0/05$).
نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج این پژوهش تمرینات پلایومتریک در آب با محدودیت جریان خون می‌تواند در بهبود درصد چربی، توان بی‌هوازی، توان انفجاری پا، سرعت و قدرت بیشینه دختران جوان فعال مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: تمرین پلایومتریک در آب، محدودیت جریان خون، آمادگی جسمانی

نحوه استناد به این مقاله: جمیلی ن، حسینی کاخک س ع، عسکری ر، صادقی ب. تأثیر تمرینات پلایومتریک در آب با و بدون محدودیت جریان خون بر آمادگی جسمانی دختران جوان فعال. نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی. ۱۴۰۲؛ ۱۶(۳): ۴۴-۵۴.

* رایانامه نویسنده مسئول: hosseinik@um.ac.ir

مقدمه

همچنین روش مناسبی برای ورزشکاران است که پیش از انجام تمرینات پیشرفته به این نوع تمرینات پردازند (۲). آب، محیطی ایمن و کم فشار برای ورزشکاران فراهم می‌کند و اجازه حرکت با کاهش فشار وزن روی مفاصل را می‌دهد (۱۵،۱۶). برای نمونه وضعیت تحمل وزن فرد در آب‌های عمیق (در حد قفسه سینه) تقریباً ۳۰ تا ۴۰ درصد از کل وزن بدن و در آب‌های کم عمق (تا حد کمر) ۴۰ تا ۶۰ درصد از کل وزن بدن است. در محیط آبی، مقاومت در طی دامنه کامل حرکت ایجاد می‌شود (۱۷) و میزان مقاومت به اندازه و شکل بدن فرد و سرعت حرکت تمرین در آب بستگی دارد. بنابراین آب سبب می‌شود ورزشکاران با ایجاد مقاومت، عضلات را تقویت کنند (۲). اخیراً در زمینه بهبود عوامل آمادگی جسمانی به سبب استفاده از تمرینات مقاومتی با بار کمتر، با محدودیت جریان خون (Blood flow restriction)، تمرینات کاتسو معرفی شده‌اند (۱۸). محدودیت جریان خون به طور معمول با استفاده از یک کاف در انتهای پروگزیمال اندام فوقانی یا تحتانی حاصل می‌شود. هنگامی که کاف باد می‌شود، فشرده‌سازی مکانیکی عروقی در زیر کاف وجود دارد. این فشار به محدود شدن جزیی جریان خون شریانی در ساختارهای دور از کاف و محدودیت کامل جریان خون وریدی در زیر کاف منجر می‌شود. عدم بازگشت خون وریدی، به تأمین اکسیژن ناکافی (هیپوکسی) در بافت عضله، افزایش محرک سوخت‌وسازی، سنتز پروتئین، تغییرات در بیان ژن، تغییرات در اندازه تار عضله، آسیب و ترمیم منجر می‌شود (۱۹). از مزایای خاص تمرین با BFR استرس کمتر بر مفاصل در مقایسه با تمرین مقاومتی سنگین سنتی با دستاوردهای مشابه در قدرت و اندازه عضلات است (۲۲). در سال‌های اخیر تمرینات با شدت کم همراه با BFR مورد توجه زیادی قرار گرفته است و جایگزینی برای ورزش با شدت بالا در زمینه‌های توانبخشی و افزایش قدرت در افراد سالم است (۲۰). به طور معمول تمرینات مقاومتی همراه با BFR با شدت کمتر (۲۰ درصد ۱-RM) در مقایسه با تمرینات بدون محدودیت جریان خون انجام می‌گیرند (۱۸). امروزه ورزش با شدت کم و ورزش در آب در ترکیب با BFR دو روش هستند که به طور مستقل برای تقویت قدرت عضلات استفاده می‌شوند (۲۲). با توجه به اینکه پژوهش‌های مختلفی در زمینه تمرینات پلائیومتریک

تمرینات پلائیومتریک یک روش تمرینی محبوب برای بهبود عملکرد جسمانی در ورزشکاران است (۱). این تمرینات شامل انواعی از جهش‌ها و پرش‌ها برای تولید توان انفجاری به خصوص در اندام تحتانی است (۲). تمرینات پلائیومتریک شامل چرخه کشش-کوتاه شدن سریع عضله و تاندون است (۳). پیش از شروع این تمرینات افراد باید از نظر الگوی حرکتی و فنی صلاحیت داشته باشند و از قدرت عضلانی کافی برای انجام این حرکات برخوردار باشند (۱). اثربخشی تمرینات پلائیومتریک به عوامل مختلفی مانند سن، مدت تمرین، جنسیت یا سطح آمادگی جسمانی بستگی دارد. در میان این متغیرها بلوغ عامل تعیین‌کننده‌ای در اثربخشی این تمرینات دارد (۴). مزایای حاصل از تمرینات پلائیومتریک ممکن است شامل بهبود عملکرد قلبی - عروقی (۵)، هماهنگی عصبی-عضلانی (۶) و همچنین ترکیب بدنی (۷) و عملکرد ورزشی باشد. همچنین مشخص شده است که تمرینات پلائیومتریک نقش بسزایی در افزایش آگاهی مفاصل دارد و این مزایا می‌تواند در زنان و مردان، جمعیت کودکان (۸) و همچنین ورزشکاران رقابتی (۹) در هر دو روش پیشگیری و توانبخشی حاصل شود (۱۰،۱۱). به ویژه در ورزش‌هایی مانند بسکتبال و والیبال که در آنها توانایی پرش عمودی و عملکرد ورزشی افزایش می‌یابد (۲). افزون بر این، تمرینات پلائیومتریک به بهینه‌سازی سازوکار فرود، بهبود در افزایش خم شدن زانو و فعالیت همسترینگ کمک می‌کند، به همین دلیل انتظار می‌رود که بهبود معناداری در عملکرد جهش بعد از اجرای تمرینات پلائیومتریک مشاهده شود (۱۲). یکی از عوامل مؤثر روی اثربخشی تمرینات پلائیومتریک، سطحی است که تمرینات انجام می‌گیرد. گفته می‌شود که تمرینات پلائیومتریک کوتاه مدت روی سطوح غیرسخت (آب، چمن یا در شن و ماسه) نتایج مشابه تمرینات پلائیومتریک بلندمدت روی سطوح سخت (زمین) را در بهبود پرش، چابکی و عملکرد سرعت به همراه دارد (۱۳). در پژوهش اراضی و اسدی (۲۰۱۱) تمرینات پلائیومتریک در آب دستاوردهای چشمگیر بیشتری در پرش و چابکی بسکتبالیست‌های جوان نسبت به برنامه تمرینات پلائیومتریک روی زمین ارائه می‌دهد (۱۴). فرض بر این است که تمرینات پلائیومتریک در محیط آبی ممکن است خطر آسیب عضلات و مفاصل را کاهش دهد.

آزمون‌های شاخص‌های آمادگی جسمانی (درصد چربی، توان عضلات پایین‌تنه، توان بی‌هوازی، توان عضلات بالاتنه، چابکی، سرعت، قدرت عضلات پایین‌تنه) در گروه‌ها انجام گرفت.

روش اعمال BFR: برای اعمال محدودیت جریان خون، از کش‌های الاستیکی به عرض پنج سانتی‌متر استفاده شد. در طول تمرین گروه با BFR، کش‌ها به قسمت بالایی هر دو ران بسته شد و بلافاصله پس از اجرای هر ست از حرکات، کش‌ها باز شد. برای ارزیابی میزان درک فشار و درد در ابتدا و انتهای برنامه تمرینی از مقیاس بورگ با نمره‌گذاری یک تا ده استفاده شد (۲۳)؛ به این صورت که آزمودنی به بیشترین فشار باند نمره ده و به کمترین فشار باند دور عضله‌اش نمره یک داد که معیار برای تمرین با BFR فشار متوسط شش تا هفت بود (۲۴).

روش اجرای پژوهش: یک هفته پیش از شروع برنامه تمرینی، دو جلسه آشنایی با مداخله‌های پژوهش (شامل تمرینات پلايومتریك با BFR و بدون BFR و آزمون‌ها) برای آزمودنی‌ها برگزار شد. سپس از آزمودنی‌ها، پیش‌آزمون‌هایی شامل وزن، درصد چربی، شاخص توده بدن، توان انفجاری، توان بی‌هوازی، قدرت عضلانی، سرعت و چابکی گرفته شد. طول دوره تمرینی شش هفته و در هر هفته سه جلسه به مدت ۳۰ تا ۶۰ دقیقه بود. شروع هر جلسه تمرین با ۱۵ دقیقه گرم کردن (شامل پنج دقیقه دویدن نرم و ده دقیقه حرکات کششی) آغاز و سپس در گروه‌های تجربی منتخب تمرینات پلايومتریك با و بدون BFR به مدت ۴۵ دقیقه اجرا شد. تمرینات دارای دو تا پنج ست و استراحت یک تا دو دقیقه‌ای بود و در پایان هر جلسه، پنج دقیقه سرد کردن انجام گرفت (جدول ۱). تمرینات بر اساس جدول ۱ طراحی و به صورت کاملاً نظارت‌شده و زیر نظر مربی انجام گرفت. شدت و اضافه بار تمرینات پلايومتریك با استفاده از تعداد تماس‌ها با زمین (۵۰ تماس پا در طول یک تمرین، حجم کم و بیش از ۲۰۰ تماس پا به عنوان حجم بالا در نظر گرفته شد) کنترل شد (۲۵). گروه کنترل نیز پس از انجام پیش‌آزمون، هیچ‌گونه تمرینی انجام نداد. سرانجام پس از اتمام برنامه تمرینی، ۲۴ ساعت بعد تمام آزمون‌ها تکرار شد.

انجام گرفته و اغلب در محیط خشکی بوده، می‌توان گفت که پژوهش‌های اندکی در محیط آب به‌ویژه در مورد دختران جوان صورت گرفته است. همچنین تمرینات زیادی همراه با محدودیت جریان خون انجام گرفته، ولی تمرینات پلايومتریك در آب همراه با BFR انجام نگرفته است. پس در راستای بهینه‌یابی روش تمرینی، پرسش پژوهش حاضر این است که تمرینات پلايومتریك در آب همراه با BFR در مقایسه با تمرینات پلايومتریك در آب بدون BFR چه اثری بر عوامل آمادگی جسمانی (توان انفجاری، توان بی‌هوازی، چابکی، قدرت، سرعت و ترکیب بدن) دختران جوان دارد؟

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش: نمونه‌های آماری دختران جوان فعال شهر مشهد بودند که از بین آن‌ها ۳۰ نفر با رده سنی ۱۸ تا ۳۰ سال برای نمونه آماری انتخاب شدند. برای تعیین حجم نمونه نیز از نرم‌افزار Gpower نسخه ۳٫۱٫۹٫۲ استفاده شد، بدین صورت که برای آزمون آنوا با اندازه‌گیری تکراری، اندازه اثر ۰/۳۸ و توان آزمون ۰/۸۵ در سطح خطای ۰/۰۵، ۳۰ نفر تعیین شد. معیارهای ورود عبارت بودند از: دامنه سنی ۱۸ تا ۳۰ سال، شاخص توده بدنی ۲۲ تا ۲۴ کیلوگرم بر متر مربع، سلامت قلبی-عروقی، توانایی حضور در جلسات تمرینی، پذیرش انجام آزمون‌های مورد نظر پژوهش، عدم ابتلا به بیماری‌های خاص (مزمین کلیوی، هموفیلی و تالاسمی) و بیماری ارتوپدیک، عدم مصرف دارو و معیارهای خروج نیز شامل غیبت بیش از دو جلسه در تمرینات، ابتلا به بیماری‌های حاد، آسیب دیدگی و عدم همکاری آزمودنی‌ها بود. تمام داوطلبان توسط پزشک معاینه شدند (سلامت عمومی و قلبی عروقی و فشار خون) و سپس رضایت‌نامه کتبی مبتنی بر شرکت در جلسه تمرینات و آزمون‌ها از آزمودنی‌ها گرفته شد. برای سنجش میزان فعالیت بدنی نمونه‌ها از پرسشنامه فعالیت بدنی یک که دارای ۱۶ پرسش پنج‌گزینه‌ای است، استفاده شد. یک هفته پیش از شروع آزمون جلسه آشنایی با برنامه تمرینی برگزار و سپس توضیحات لازم برای روش کار داده شد، سپس آزمودنی‌ها به صورت تصادفی به سه گروه تقسیم و جایگزین شدند: ۱. تمرینات پلايومتریك در آب همراه با BFR؛ ۲. تمرینات پلايومتریك در آب بدون BFR و ۳. گروه کنترل. ۲۴ ساعت پیش از شروع برنامه تمرینی،

جدول ۱. برنامه تمرینات پلايومتریک با و بدون BFR (۵)

تمرین هفتگی	تمرینات پلايومتریک	تعداد نوبت بدون BFR	تعداد نوبت با BFR
هفته اول	جهش کوتاه با مچ پا قفل	۳ x ۲۰	۳ x ۱۰
	پرش	۳ x ۱۵	۳ x ۷
	پرش اسکوات	۵ x ۴	۵ x ۲
هفته دوم	جهش کوتاه با مچ پا قفل	۲ x ۱۰	۲ x ۵
	پرش اسکوات ساید بای ساید	۵ x ۶	۵ x ۳
	لی در مسیر ۱۰ متری	۵ x ۴	۵ x ۲
هفته سوم	پرش پروانه	۳ x ۳۰	۳ x ۱۵
	پرش	۲ x ۱۰	۲ x ۵
	لی در مسیر ۱۰ متری	۴ x ۶	۴ x ۳
هفته چهارم	پرش اسکوات	۲ x ۱۰	۲ x ۵
	پرش با خم شدن پاها در شکم (تاک)	۲ x ۸	۲ x ۴
	پرش لانز قیچی وار	۲ x ۸	۲ x ۴
هفته پنجم	پرش	۴ x ۸	۴ x ۴
	پرش اسکوات جانبی	۴ x ۶	۴ x ۳
	جهش تک پا از روی خط چهار طرف	۲ x ۹	۲ x ۵
هفته ششم	پرش تک پا رو به جلو بدون مکث	۴ x ۷	۴ x ۴
	پرش لانز قیچی وار	۴ x ۴	۴ x ۲
	جهش کوتاه با مچ پا قفل	۴ x ۱۶	۴ x ۸
هفته ششم	جهش تک پا از روی خط ۴ طرف	۴ x ۵	۴ x ۳
	پرش جانبی با زانو قفل	۲ x ۳۰	۲ x ۱۵
	پرش لانز قیچی وار	۴ x ۱۰	۴ x ۶
هفته ششم	پرش هاپ جانبی	۴ x ۷	۴ x ۴
	پرش تک پا رو به جلو بدون مکث	۲ x ۷	۲ x ۳
	جهش کوتاه با مچ پا قفل	۲ x ۵۰	۲ x ۳۰
هفته ششم	جهش تک پا از روی خط ۴ طرف	۳ x ۱۰	۳ x ۵
	دویدن جهشی	۴ x ۲۰	۴ x ۱۵
	پرش عمودی جانبی تک پا	۳ x ۸	۳ x ۴
هفته ششم	پرش تک پا رو به جلو بدون مکث	۴ x ۱۰	۴ x ۵
	پرش اسکوات	۲ x ۳۰	۲ x ۱۵

پشت بازو)؛ ۲. بالای استخوان لگن خاصره (لایه چربی در پهلو و ۲/۵ سانتی متر بالاتر از برآمدگی استخوان خاصره)؛ ۳. ران (لایه چربی عمودی وسط فاصله بین زانو و پروگزیمال ران) انجام و نتایج در فرمول زیر قرار گرفت (۲۶، ۲۷)؛

$$+ (SUM3 \times 0.009929) - 1.0994921 = \text{چگالی بدن}$$

$$- (SUM3 \times 0.000002) - (سن \times 0.001392)$$

روش های اندازه گیری: ابتدا قد و وزن توسط قدسنج و ترازو اندازه گیری و سپس با قرار دادن در فرمول BMI محاسبه شد.

چین پوستی: اندازه گیری ترکیب بدن با استفاده از کالیپر (ضخامت سنج پوستی) در حالت ایستاده و در یک طرف بدن (طرف راست) در سه نقطه شامل ۱. سه سر بازویی (لایه چربی عمودی وسط فاصله شانه و بازو از

$$100 \times [4.5 - (\text{تراکم بدن} = 4.95)] = \text{درصد چربی بدن}$$

شد (۳۲).

تحلیل آماری: از آزمون‌های آماری شاپیروویلک به منظور بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها و از آزمون لوین برای همگنی واریانس گروه‌ها استفاده شد. از آمار توصیفی برای محاسبه شاخص‌های مرکزی و پراکندگی استفاده شد. برای بررسی تفاوت‌های درون‌گروهی و اختلاف میانگین تغییرات بین گروه‌ها از آزمون واریانس با اندازه‌گیری مکرر و برای تعیین محل اختلاف بین گروه‌ها از آزمون تعقیبی بنفرونی استفاده شد. داده‌ها با استفاده از SPSS 22 تجزیه و تحلیل شدند و سطح معناداری $p \leq 0.05$ در نظر گرفته شد.

نتایج

نتایج آزمون شاپیرو-ویلک و لوین، برای همه شاخص‌ها نشان داد که داده‌ها از توزیع طبیعی برخوردار بوده و تجانس واریانس‌ها برای آنها برقرار بود ($P < 0.05$). بنابراین تحلیل داده‌ها بر اساس آزمون تحلیل آنوا با اندازه‌گیری‌های تکراری صورت گرفت. نتایج RM-ANOVA بیان کرد با توجه به اثر تعاملی (زمان در گروه) در بین گروه‌های پژوهش تفاوت معناداری در وزن ($F=1.70$, $P=0.20$)، شاخص توده بدنی ($F=51.1$, $P=0.001$)، چابکی ($F=0.57$, $P=0.46$)، توان بالاتنه ($F=0.52$, $P=0.47$)، در هیچ‌کدام از زمان‌ها وجود ندارد. در حالی که درصد چربی ($F=4.04$, $P=0.02$)، توان بی‌هوازی ($F=3.02$, $P=0.05$)، توان عضلات پایین‌تنه ($F=3.60$, $P=0.04$)، سرعت ($F=6.60$, $P=0.05$) و قدرت پیشینه ($F=11.95$, $P=0.001$) معناداری را نشان داد. آزمون تعقیبی نشان داد که توان بی‌هوازی در پس‌آزمون در گروه BFR نسبت به بدون BFR بهبود معناداری داشت ($P=0.007$)، همچنین در پس‌آزمون گروه تمرینی BFR نسبت به گروه تمرینی بدون BFR توان عضلات پایین‌تنه بیشتر را نشان داد ($P=0.03$). نتایج آزمون تعقیبی در شاخص‌های درصد چربی، سرعت و قدرت پیشینه نشان داد از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون بین هر سه گروه تفاوت معناداری وجود نداشت.

تغییرات درون‌گروهی بدین صورت بود: درصد چربی ($F=2.33$, $P=0.01$)، توان بی‌هوازی ($F=2.17$, $P=0.01$) و قدرت پیشینه ($F=17.46$, $P=0.001$)، تنها در گروه با BFR کاهش معناداری نسبت به حالت پایه مشاهده شد، ولی شاخص سرعت در هر دو گروه تمرینی افزایش معناداری را نسبت به حالت پایه نشان داد.

توان عضلات پایین‌تنه: توان انفجاری با پرش عمودی سارجنت ارزیابی شد. آزمون سه مرتبه توسط آزمودنی انجام گرفت و بالاترین رکورد امتیاز وی محسوب شد (۲۸). توان انفجاری پاها بر اساس ارتفاع پرش (سانتی‌متر) محاسبه شد.

$$\text{Peak power (w)} = 7/60 \times \text{VJ (cm)} + 3/45 \times \text{mass (kg)} - 20.55$$

توان بی‌هوازی: برای توان بی‌هوازی از آزمون رست استفاده شد. آزمودنی شش بار مسافت ۳۵ متری را با حداکثر سرعت طی کرد (۲۹).

بهترین رکورد به عنوان توان بی‌هوازی حداکثر بود و برای به دست آوردن توان نسبی، توان حداکثر بر وزن آزمودنی تقسیم شد.

$$\text{Power} = \text{weight (kg)} \times 1225 \div \text{time}^3 \text{ (s)}$$

توان عضلات بالاتنه: آزمودنی روی صندلی نشست و توپ پزشکی سه کیلوگرمی را سه مرتبه پرتاب کرد و بیشترین مسافت ثبت شد (۳۰).

چابکی: چابکی با آزمون T ارزیابی شد. در این آزمون آزمودنی مسافت ده متر را با حداکثر سرعت به جلو دوید، سپس با پای پهلو پنج متر به سمت راست حرکت کرد و پس از آن ده متر با پای پهلو به سمت چپ رفت، سپس پنج متر به راست و در انتها با دویدن به عقب به نقطه شروع بازگشت (۳۰).

سرعت: سرعت با آزمون دو سرعت ۲۰ متر ارزیابی شد. عامل سرعت با مسافت ۲۰ متر با اندازه‌گیری زمان آن سنجیده شد (۳۱). زمان به وسیله زمان سنج دو بار اندازه‌گیری و بهترین رکورد ثبت شد. آزمون روی سطح تارتان و با کفش ورزشی انجام گرفت.

قدرت عضلات پایین‌تنه: قدرت عضلات پایین‌تنه با آزمون IRM ارزیابی شد. ابتدا در حرکت پرس پا وزنه‌هایی به طور برآوردی حدود ۴۰ تا ۶۰ درصد یک تکرار پیشینه با توجه به تمرین‌های جلسه آشنایی برای هر فرد در نظر گرفته شد. در صورتی که آزمودنی قادر به انجام چند تکرار بود، تمرین متوقف و پس از استراحت به مدت سه دقیقه حدود ده تا پنج درصد به وزنه‌ها افزوده شد تا اینکه آزمودنی قادر به انجام فقط یک تکرار برای حرکت شد. در این زمان، از تقسیم میزان وزنه جابه‌جا شده به وزن فرد قدرت نسبی اندازه‌گیری

جدول ۲. داده‌های توصیفی میانگین \pm انحراف استاندارد و درصد تغییرات

متغیرها	گروه‌ها	گروه تمرینات با BFR (میانگین \pm انحراف معیار)	گروه تمرینات بدون BFR (میانگین \pm انحراف معیار)	گروه کنترل (میانگین \pm انحراف معیار)
وزن (کیلوگرم)	پیش‌آزمون	۶۶/۷+۷/۴	۶۱/۲+۹/۸	۶۹/۸+۱۳/۰۲
	پس‌آزمون	۶۵/۵+۶/۰۷	۶۰/۴+۸/۷	۷۰/۱+۱۴/۰۶
	درصد تغییرات	-۱/۷۹	-۱/۳۰	-۰/۴۲
شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	پیش‌آزمون	۲۴/۶+۲/۷	۲۳/۴+۳/۴	۲۵/۸+۳/۵
	پس‌آزمون	۲۴/۱+۲/۲	۲۳/۱+۳	۲۵/۹+۳/۸
	درصد تغییرات	-۲/۰۳	-۱/۲۸	-۰/۳۸
درصد چربی بدن	پیش‌آزمون	۲۰/۶+۲/۳	۲۰/۷+۲/۴	۱۹/۵+۲/۱
	پس‌آزمون	۲۰+۲	۲۰/۴+۲/۴	۱۹/۸+۲/۱
	درصد تغییرات	-۲/۹۱	-۱/۴۴	۱/۵۳
توان بی‌هوازی (وات)	پیش‌آزمون	۲۸۴/۶+۸۷/۱	۲۲۸/۱+۸۰/۷	۲۲۶/۶+۷۲/۲
	پس‌آزمون	۳۵۵/۷+۵۶/۴	۲۰۹/۲+۸۹/۶	۲۳۵/۶+۱۳۱/۴
	درصد تغییرات	۲۴/۹۸	-۸/۲۸	۳/۹۷
چابکی (ثانیه)	پیش‌آزمون	۱۳/۲+۹/۲	۱۴/۴+۰/۸	۱۵/۲+۱/۷
	پس‌آزمون	۱۲/۹+۱/۱	۱۴/۰+۱+۰/۵	۱۵/۲+۱/۹
	درصد تغییرات	-۲/۲۷	-۲/۷۰	۰
توان بالاتنه (متر)	پیش‌آزمون	۴/۱+۰/۵	۳/۵+۰/۴	۴/۱+۰/۵
	پس‌آزمون	۴+۰/۵	۳/۳+۰/۱	۳/۹+۰/۶
	درصد تغییرات	-۲/۴۳	-۵/۷۱	-۴/۸۷
توان پایین تنه (کیلوگرم بر متر)	پیش‌آزمون	۲۸۴۳/۹+۴۳۰/۵	۲۲۵۰+۵۶۱/۲	۲۷۹۳/۱+۴۹۷/۵
	پس‌آزمون	۲۹۰۱/۶+۴۴۰/۷	۲۲۷۱/۴+۵۰۹/۶	۲۶۵۹/۲+۶۰۳/۷
	درصد تغییرات	۲/۰۲	۰/۹۵	-۴/۷۹
سرعت ۲۰ متر (ثانیه)	پیش‌آزمون	۴/۹+۰/۷	۵/۳+۰/۷	۵+۱
	پس‌آزمون	۴/۵+۰/۴	۴/۷+۰/۵	۵/۲+۱
	درصد تغییرات	-۸/۱۶	-۱۱/۳۲	۴
قدرت بیشینه در اندام تحتانی و فوقانی (کیلوگرم)	پیش‌آزمون	۶۸+۱۶/۸	۵۶/۵+۲۱/۲	۸۳+۲۸/۳
	پس‌آزمون	۸۰/۴+۲۵/۵	۵۹/۵+۲۲/۱	۸۲+۲۸/۸
	درصد تغییرات	۱۸/۲۳	۵/۳۰	-۱/۲۰

بحث و نتیجه‌گیری

خون نشان داد. کاهش درصد چربی از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون در گروه تمرینات با BFR ۲/۹۱- درصد، بهبود توان بی‌هوازی ۲۴/۹۸ درصد، افزایش توان انفجاری پا ۲/۰۲ درصد، بهبود سرعت و قدرت بیشینه به ترتیب ۸/۱۶- و ۱۸/۲۳ درصد بود. سالیروز (۲۰۱۷) در پژوهشی در مورد تمرینات قدرتی با BFR روی نه آزمودنی (هشت مرد و یک زن) همسو با نتایج حاضر نشان داد ترکیب بدن آزمودنی‌ها بدون تغییر و درصد چربی آن‌ها بهبود یافت (۳۳). در پژوهش رازکی و همکاران (۲۰۲۰) که تمرینات پلائیومتریک در دو گروه با و بدون BFR به مدت پنج هفته روی والیبالیست‌های مرد انجام گرفت، هیچ تغییری در

هرچند به نظر می‌رسد پژوهش‌هایی در زمینه تمرینات پلائیومتریک همراه با BFR انجام گرفته است، ولی این پژوهش جزء اولین پژوهش‌هایی است که تمرینات پلائیومتریک در آب همراه با BFR به ویژه در مورد دختران جوان انجام می‌گیرد. این پژوهش با هدف تأثیر تمرینات پلائیومتریک در آب با و بدون محدودیت جریان خون بر آمادگی جسمانی دختران جوان فعال انجام گرفت. نتایج پژوهش بهبود معناداری را در درصد چربی، توان بی‌هوازی، توان انفجاری پا، سرعت و قدرت بیشینه در گروه تمرین پلائیومتریک در آب با محدودیت جریان

عضلانی تندانقباض است (۴۰). همچنین ماهیت تمرینات پلايومتریك افزایش سرعت در مراحل انقباض عضلانی و مشارکت واحدهای حرکتی بیشتر به ویژه تارهای تندانقباض نوع IIa است. در نتیجه مقدار نیروی بیشتری در کمترین زمان ممکن تولید می شود (۲۶). در مقابل، ورزشکار نوجوان تکواندو، به مدت شش هفته تمرینات پلايومتریك با و بدون BFR داشتند، ولی تغییر معناداری در پرش و قدرت انفجاری به وجود نیامد. احتمالاً حجم کم تمرینات در هفته (دو روز) دلیل این مسئله بوده است و شاید از دلایل پیشرفت توان عضلات پایین تنه در پژوهش حاضر مدت زمان مناسب تمرین باشد (۴۱). همچنین نتایج این پژوهش نشان داد تمرینات پلايومتریك با و بدون BFR در آب سبب افزایش سرعت شد. بهبود سرعت با پژوهش های محمدی جنیدآبادی (۲۰۱۷)، رازکی و همکاران (۲۰۲۰)، شمشودین و همکاران (۲۰۲۰) و اسلیمانی و همکاران (۲۰۱۶) همسو بود (۱۳، ۳۹، ۴۲). به نظر می رسد دلیل افزایش سرعت در تمرینات پلايومتریك افزایش سوسترهای در دسترس عضله و سازگاری های هورمونی است (۴۳). در دویدن با سرعت، واحدهای حرکتی تندانقباض درگیر می شوند و نیازی به درگیری واحدهای کندانقباض نیست. از آنجا که تمرینات پلايومتریك در چرخه کشش انقباض سبب تغییر سرعت در مرحله انقباض برون گرا و درون گرا می شود، تقویت این دو مرحله، سبب هماهنگی عصبی-عضلانی، افزایش سرعت انقباض و به کارگیری واحدهای حرکتی بیشتر می شود، بنابراین کاهش فاصله زمانی بین مرحله انقباض درون گرا و برون گرا را به همراه دارد، در نتیجه تمرینات پلايومتریك سبب افزایش و بهبود سرعت می شوند (۴۴). در پژوهش حاضر قدرت بیشینه در گروه تمرینات پلايومتریك در آب با BFR افزایش نشان داد. نتایج این پژوهش با نتایج آراجو و همکاران (۲۰۱۵) و اراضی و اسدی (۲۰۱۱) همسو است (۱۴، ۲۲). می توان احتمال داد که تمرینات پلايومتریك به مدت شش هفته برای افزایش قدرت پاها کافی است (۴۵). به نظر می رسد دلیل افزایش قدرت در گروه تمرینی با BFR افزایش تعداد تکانه های عصبی و تعداد واحدهای حرکتی، افزایش ترشح هورمون های آنابولیکی و تراکم دسته های میوفیبریلی است (۱۹، ۴۰). بنابراین شواهد پژوهش نشان می دهد که تمرینات پلايومتریك در آب همراه با BFR افزون بر سازگاری های عصبی عضلانی

درصد چربی آزمودنی ها دیده نشد و با نتایج پژوهش حاضر همراستا نبود. علت تفاوت نتیجه را می توان مغایرت در نوع تمرینات، جنسیت و ورزشکار بودن نمونه ها در پژوهش مذکور دانست. با توجه به نتایج پژوهش حاضر، نشان داده شد که تمرینات پلايومتریك در آب با BFR سبب افزایش توان بی هوازی شد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش رازکی و همکاران (۲۰۲۰) که به مدت پنج هفته تمرینات پلايومتریك با و بدون BFR را روی مردان والیبالیست بررسی کردند، همسو بود. آنها در گروه تمرینات پلايومتریك با BFR افزایش چشمگیری در توان بی هوازی مشاهده کردند (۳۴). همچنین نتایج تحقیق بوندهیران و همکاران (۲۰۲۱) روی دانشجویان تربیت بدنی دختر، به مدت ۱۲ هفته (سه روز) نشان داد که فقط در گروه تمرینات پلايومتریك، توان بی هوازی بهبود پیدا کرد (۳۵). بنابراین با نتایج پژوهش ما همسو بود. به نظر می رسد توان بی هوازی از سازگاری های تمرینات پلايومتریك محسوب می شود. تغییراتی در فراخوانی تارهای عضلانی ایجاد می شود که منحصراً منعکس کننده فراخوانی تار عضلانی ویژه فعالیت تمرینات پلايومتریك است. در تمرین با شدت زیاد تارهای عضلانی نوع II به میزان بیشتری فرا خوانده می شود، ولی منحصربه فرد نیستند، زیرا فراخوانی تارهای نوع I نیز ادامه می یابد. در نتیجه فراخوانی تارهای نوع II سطح مقطع تارهای عضلانی نوع IIa و IIx افزایش می یابد (۳۶). همچنین با بهبود و گسترش سازوکارهای دستگاه های تولید و انتقال نیرو از عضلات شامل اجزای الاستیک و سری عضلانی، دستگاه های اکتومیوزین و تغییر ماهیت ایزوفرم های آن ها، رهایش و برگشت پذیری کلسیم، بهبود روند دیپلاریزاسیون و نقل و انتقالات یونی در سطح غشا و تغییرات فیزیولوژیکی در سطح سلول شاهد بهبود توان بی هوازی هستیم (۳۷). همچنین به نظر می رسد تمرینات پلايومتریك آنزیم های ATP-PCr و گلیکولیتیک را افزایش می دهد (۳۶). در توان عضلات پایین تنه مشخص شد این متغیر و ارتفاع پرش در گروه تمرینات پلايومتریك با BFR نسبت به گروه بدون BFR بهبود یافت که با نتایج پژوهش های هوریجی و همکاران (۲۰۱۸)، رازکی و همکاران (۲۰۲۰) و محمدی جنیدآبادی (۲۰۱۷) همسو بود (۳۴، ۳۸، ۳۹). یکی از سازوکارها در تمرین با BFR افزایش فراخوانی واحدهای حرکتی به خصوص تارهای

- volleyball blocks. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2020 Jan 1; 29(1):51-64. [In Persian]
7. 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. *Journal of Sport Biomechanics*. 2020 Jun 10; 6(1):54-65. [In Persian]
 8. Bijeh N. The effect of strength and plyometric training in physical power of prepubertal children. *Journal of Pediatric Nursing*. 2015 Jun 10; 1(4):62-9. [In Persian]
 9. Margaritopoulos S, Theodorou A, Methenitis S, Zaras N, Donti O, Tsolakis C. The effect of plyometric exercises on repeated strength and power performance in elite karate athletes. *Journal of Physical Education and Sport*. 2015 Jun 1; 15(2):310.
 10. Bal BS, Kaur PJ, Singh D. Effects of a short term plyometric training program of agility in young basketball players. *Brazilian Journal of Biomotricity*. 2011; 5(4):271-8.
 11. Ramirez-Campillo R, Blvarez C, Garcia-Hermoso A, Ramirez-Vilez R, Gentil P, Asadi A, Chaabene H, Moran J, Meylan C, Garcia-de-Alcaraz A, Sanchez-Sanchez J. Methodological characteristics and future directions for plyometric jump training research: a scoping review. *Sports Medicine*. 2018 May; 48:1059-81.
 12. Silva AF, Clemente FM, Lima R, Nikolaidis PT, Rosemann T, Knechtle B. The effect of plyometric training in volleyball players: A systematic review. *International journal of environmental research and public health*. 2019 Aug; 16(16):2960.
 13. Slimani M, Chamari K, Miarka B, Del Vecchio FB, Chïour F. Effects of plyometric training on physical fitness in team sport athletes: a systematic review. *Journal of human kinetics*. 2016 Oct 14; 53(1):231-47.
 14. Arazi H, Asadi A. The effect of aquatic and land plyometric training on strength, sprint, and balance in young basketball players. *Journal of Human Sport and Exercise*. 2011; 6(1):101-11. [In Persian]
 15. Simmons V, Hansen PD. Effectiveness of water exercise on postural mobility in the well elderly: An experimental study on balance enhancement. *The Journals of Gerontology: Series A*. 1996; 51A (5): 233-238.
 16. Kantyka J, Herman D, Rocznik R, Kuba L. Effects of aqua aerobics on body composition, body mass, lipid profile, and blood count in middle-aged sedentary women. *Human Movement*. 2015 Jan 1; 16(1):9-14.
- می‌تواند به عنوان یک روش تمرینی مناسب برای افزایش قدرت دختران جوان فعال معرفی شود. پژوهش حاضر نیز مانند سایر پژوهش‌ها محدودیت‌هایی داشت که از جمله آن می‌توان به عدم کنترل دقیق تغذیه آزمودنی‌ها و مصرف مکمل‌ها اشاره کرد و این می‌تواند در تحقیقات آینده مورد توجه باشد.
- تشکر و قدردانی**
- از تمامی کسانی که ما را در انجام این پژوهش یاری کردند، تقدیر و تشکر می‌شود.
- حامی / حامیان مالی**
- مقاله حاضر حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه حکیم سبزواری است و حامی مالی ندارد.
- مشارکت نویسندگان**
- تمامی نویسندگان در آماده‌سازی مقاله مشارکت یکسان داشته‌اند.
- تعارض منافع**
- هیچ‌گونه تضاد منافی برای نویسندگان وجود ندارد.
- منابع**
1. Jeffreys MA, Croix MB, Lloyd RS, Oliver JL, Hughes JD. The effect of varying plyometric volume on stretch-shortening cycle capability in collegiate male rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2019 Jan 1; 33(1):139-45.
 2. Miller MG, Berry DC, Bullard S, Gilders R. Comparisons of land-based and aquatic-based plyometric programs during an 8-week training period. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2002 Nov 1; 11(4):268-83.
 3. Oxfeldt M, Overgaard K, Hvid LG, Dalgas U. Effects of plyometric training on jumping, sprint performance, and lower body muscle strength in healthy adults: A systematic review and meta-analyses. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2019 Oct; 29(10):1453-65.
 4. Markovic G. Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *British journal of sports medicine*. 2007 Jun 1; 41(6):349-55.
 5. Uzor TN, Emeahara GO. Effects of lower and upper body plyometric training on cardiovascular variables of athletes. *Journal Of The Nigerian Academy Of Education*. 2020 Aug 1; 15(2).
 6. Rostami A, Letafatkar A, Gokeler A, Tazji MK. The effects of instruction exercises on performance and kinetic factors associated with lower-extremity injury in landing after

17. Kieffer HS, Lehman MA, Veacock D, Korkuch L. The effects of a short-term novel aquatic exercise program on functional strength and performance of older adults. *International journal of exercise science*. 2012; 5(4):321.
18. Fahs CA, Loenneke JP, Rossow LM, Tiebaud RS, Bemben MG. Methodological considerations for blood flow restricted resistance exercise. *Journal of Trainology*. 2012 Apr 26; 1(1):14-22.
19. Patterson SD, Hughes L, Warmington S, Burr J, Scott BR, Owens J, Abe T, Nielsen JL, Libardi CA, Laurentino G, Neto GR. Blood flow restriction exercise: considerations of methodology, application, and safety. *Frontiers in physiology*. 2019:533.
20. Da Cunha Nascimento, D., Schoenfeld, B. J., & Prestes, J. (2020). Potential implications of blood flow restriction exercise on vascular health: a brief review. *Sports Medicine*, 50(1), 73-81.
21. Sousa JB, Neto GR, Santos HH, Araújo JP, Silva HG, Cirilo-Sousa MS. Effects of strength training with blood flow restriction on torque, muscle activation and local muscular endurance in healthy subjects. *Biology of sport*. 2017 Mar; 34(1):83-90.
22. Araújo JP, Neto GR, Loenneke JP, Bemben MG, Laurentino GC, Batista G, Silva JC, Freitas ED, Sousa MS. The effects of water-based exercise in combination with blood flow restriction on strength and functional capacity in post-menopausal women. *Age*. 2015 Dec; 37:1-9.
23. Dhahbi, W., Chaouachi, A., Dhahbi, A.B., Cochrane, J., Chize, L., Burnett, A. and Chamari, K., 2017. The effect of variation of plyometric push-ups on force-application kinetics and perception of intensity. *International journal of sports physiology and performance*, 12(2), pp.190-197.
24. Jessee MB, Mattocks KT, Buckner SL, Dankel SJ, Mouser JG, Abe T, Loenneke JP. Mechanisms of blood flow restriction: the new testament. *Techniques in Orthopaedics*. 2018 Jun 1; 33(2):72-9.
25. Davies G, Riemann BL, Manske R. Current concepts of plyometric exercise. *International journal of sports physical therapy*. 2015 Nov; 10(6):760.
26. Eston RG, Reilly T, editors. *Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual: exercise physiology*. Taylor & Francis; 2009.
27. Haghgoo H, Choobineh S, Pournemati P. The effect of six weeks of combined training on the resting plasma level of Pentraxin-3 and Serum amyloid A in men with type-2 diabetes. *Journal of Sport and Exercise Physiology*. 2022 Aug 23; 15(4):1-0. [In Persian]
28. Gil AL, Neto GR, Sousa MS, Dias I, Vianna J, Nunes RA, Novaes JS. Effect of strength training with blood flow restriction on muscle power and submaximal strength in eumenorrhic women. *Clinical physiology and functional imaging*. 2017 Mar; 37(2):221-8.
29. Maud PJ, Foster C. Physiological assessment of human fitness. *Human Kinetics*; 2006; 2:1-8.
30. Delextrat A, Martinez A. Small-sided game training improves aerobic capacity and technical skills in basketball players. *International journal of sports medicine*. 2013 Oct 15:385-91.
31. Iacono AD, Eliakim A, Meckel Y. Improving fitness of elite handball players: small-sided games vs. high-intensity intermittent training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2015 Mar 1; 29(3):835-43.
32. Sheikholeslami VD, Ahmadi K. The effect of acute consumption of HMB and creatine supplement on oxidative and antioxidant indices after resistance exercise in trained men. (2017); 71-78. [In Persian]
33. Salyers ZR. *The Effect Of Practical Blood Flow Restriction Training On Body Composition And Muscular Strength In College-Aged Individuals* (Doctoral dissertation, Eastern Kentucky University). 2017.
34. Razeke MK, Iri AR, Amani AR. Effect of five weeks of plyometric training in lower limb with and without blood flow restriction on anaerobic power, muscle strength, agility, speed, limb circumference, body composition in young male volleyball players. *In International Conference of Sports Science-AESA 2020 Jul 21 (No. 3, pp. 20-20)*. [In Persian]
35. Bhuvanendhiran K, Devaki D, Rathinakamalan S, Krishnaswamy K. Effect of Plyometric and Maximal Power Training on Anaerobic Power. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*. 2021 May 25; 25(6):4456-9.
36. Wilmore Jack H. *Physiology of Sport and Exercise*/Jack H. Wilmore, David L. Costill, W. Larry. Kenney Human Kinetics. 2008; (448): 51.
37. Cronin J, McNair PJ, Marshall RN. Velocity specificity, combination training and

- sport specific tasks. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2001 Jun 1; 4(2):168-78.
38. Horiuchi M, Endo J, Sato T, Okita K. Jump training with blood flow restriction has no effect on jump performance. *Biology of sport*. 2018 Dec; 35(4):343-8.
39. Mohammadi Joneid Abad M, Hosseini-Kakhk SA, Askari R. The Effect of Three Types of Resistance Training Program (Plyometric with/without Vascular Occlusion and Power-Resistance Training) on Selected Physical Fitness Factors in Female Athletes. *Journal of Sport Biosciences*. 2017 Jan 20; 8(4):495-515. [In Persian]
40. Laurentino GC, Ugrinowitsch CA, Roschel HA, Aoki MS, Soares AG, MANOEL NEVES JR, Aihara AY, Fernandes AD, Tricoli V. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2012 Mar 1; 44(3):406-12.
41. Boobani, B., & L̄icis, R. Effectiveness of Plyometric training with Blood flow restriction on Explosive Power in Teakwondo Athletes. *Lase Journal Of Sport Science* is a Scientific Journal published two times per year in Sport Science LASE Journal for sport scientists and sport experts/specialists. 2019; 2(10): 69-80.
42. Bin Shamshuddin MH, Hasan H, Azli MS, Mohamed MN, Razak FA. Effects of plyometric training on speed and agility among recreational football players. *International Journal of Human Movement and Sports Sciences*. 2020; 8(5).
43. Myer GD, Ford KR, Brent JL, Hewett TE. The effects of plyometric vs. dynamic stabilization and balance training on power, balance, and landing force in female athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2006 May 1; 20(2):345-53.
44. Lephart SM, Abt JP, Ferris CM, Sell TC, Nagai T, Myers JB, Irrgang JJ. Neuromuscular and biomechanical characteristic changes in high school athletes: a plyometric versus basic resistance program. *British journal of sports medicine*. 2005 Dec 1; 39(12):932-8.
45. Khodaei K, Hamedinia MR, Hosseini Kakhk SA, Damavandi M. The Effect of Six Weeks Plyometric Training with Nonlinear Periodization on Hormonal Changes, Muscle Hypertrophy and Leg Muscles Elastic Property in Male Athletes (Nonlinear Periodization of Plyometric Training and Hormonal Changes). *Sport Physiology*. 2016 Oct 22; 8(31):45-62. [In Persian]