Investigating the effectiveness of two resistance-stretching and resistance-plyometric training programs on TGF-β1 levels and muscle strength in female handball players

Zahra Ahmadi[1], Sara Hasani[1], Bahram Abedi[2*], Mojtaba Khansooz[3]

[1] Department of Physical Education, Tolo Mehr Institute, Non-Profit University, Qom, Iran.

[2] Department of Physical Education, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

[3] Department of Physical Education and Sports Sciences, Islamic Azad University, Arak Branch, Arak, Iran.

Received: 20 August 2023; Accepted: 20 October 2023

Abstract

Introduction: The present study was conducted with the aim of investigating the effectiveness of two resistance-stretching and resistance-plyometric training programs on (TGF-β1) levels and muscle strength in female handball players.

Methods: In this semi-experimental research, which was conducted with a pre-test-post-test design, 36 female handball players in the age range of 18 to 30 years were randomly assigned to three groups of resistance-stretching, resistance-plyometric and control exercises. Muscle strength measurement and blood sampling were done in two stages, 24 hours before the intervention and 48 hours after the end of the intervention. They commented. The collected data were analyzed by dependent t-test, covariance and Bonferroni's post hoc test.

Results: The results of the study showed that six weeks of plyometric training and stretching training had a significant effect on reducing the serum levels of TGF-β1 and increasing the muscle strength of the upper and lower limbs ($P<0.05$). Other results showed that there is a significant difference between the resistance-plyometric training group and the resistance-stretching training group in the levels of TGF-β1, upper and lower limb muscle strength ($p<0.05$). In addition, the results indicated a greater effect size of resistance-plyometric training compared to resistance-stretching training on the research variables.

Conclusion: According to the findings of the present study, it seems that resistance-plyometric training can be more effective in reducing TGF-β1 serum levels and increasing muscle strength in female athletes than resistance-stretching training.

Keywords: Plyometric, stretching exercise, muscle strength, TGF-β1.

[*] **Corresponding Author:** Department of Physical Education, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-mail: Abedi@iaumahallat.ac.ir. Tell: 091888667662

بررسی اثربخشی دو برنامه تمرینی مقاومتی-کششی و مقاومتی-پلایومتریک بر سطوح TGF-β1 و قدرت عضلانی در دختران هندبالیست

زهرا احمدی[۱]، ساره حسنی [۱]، بهرام عابدی[۲*]، مجتبی خان‌سوز[۳]

[۱] گروه تربیت بدنی، موسسه طلوع مهر، دانشگاه غیر انتفاعی، قم، ایران.

[۲] گروه تربیت بدنی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

[۳] گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد اراک ، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۸

چکیده

مقدمه: مطالعه حاضر با هدف بررسی اثربخشی دو برنامه تمرینی مقاومتی-کششی و مقاومتی-پلایومتریک بر سطوح (**TGF-β1**) و قدرت عضلانی در دختران هندبالیست انجام گرفت.

روش پژوهش: در این پژوهش نیمه تجربی که با طرح پیش آزمون- پس آزمون انجام گردید ۳۶ نفر از دختران هندبالیست در دامنه سنی ۱۸ تا ۳۰ سال بصورت تصادفی در سه گروه تمرینات مقاومتی-کششی، مقاومتی-پلایومتریک و کنترل قرار گرفتند. اندازه‌گیری قدرت عضلانی و خون‌گیری در دو مرحله ۲۴ ساعت قبل از شروع مداخله‌ها و ۴۸ ساعت پس از پایان مداخله‌ها انجام شد. گروه کنترل در فعالیت‌های هندبالی و گروه‌های تمرینی به اجرای تمرینات مورد نظر پرداختند. داده‌ها جمع آوری شده به روش تی وابسته، کوواریانس و آزمون تعقیبی بونفرونی تحلیل شد.

یافته ها: نتایج مطالعه نشان داد که شش هفته تمرین مقاومتی-پلایومتریک و تمرین مقاومتی-کششی بر کاهش سطوح سرمی **TGF-β1** و افزایش قدرت عضلانی اندام فوقانی و تحتانی تاثیر معنی¬داری دارد (**P**<۰/۰۵). دیگر نتایج نشان داد که بین گروه تمرین مقاومتی-پلایومتریک و تمرین مقاومتی-کششی در سطوح **TGF-β1**، قدرت عضلانی اندام فوقانی و تحتانی تفاوت معناداری وجود دارد (**p**<۰/۰۵). علاوه براین نتایج حاکی از اندازه اثر بیشتر تمرین مقاومتی-پلایومتریک در مقایسه با تمرین مقاومتی-کششی بر متغیرهای تحقیق بود.

نتیجه گیری: طبق یافته‌های پژوهش حاضر به نظر میرسد تمرین مقاومتی-پلایومتریک نسبت به تمرین مقاومتی-کششی می‌تواند در کاهش سطوح سرمی **TGF- β1** و افزایش قدرت عضلانی ورزشکاران دختر موثرتر باشد.

کلیدواژه‌ها: پلایومتریک، تمرین کششی، قدرت عضلانی، **TGF-β1**.

* **نویسنده مسؤول:** گروه تربیت بدنی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه: abedi@iaumahallat.ac.ir تلفن: ۰۹۱۸۸۶۶۷۶۶۲

مقدمه

تمرینات قدرتی، فعالیتی مهم در بهبود آمادگی جسمانی و عوامل مرتبط با سلامت به شمار می‌روند. در مطالعات متعدد نشان داده شده است که استفاده از مقاومت در طول تکالیف مختلف به رشد عضلانی و عملکرد عضلانی کمک می‌کند . علاوه‌براین، نشان داده شده است که تمرینات مقاومتی در بهبود توان و قدرت عضلانی ورزشکاران موثر است (۱). با این حال، این تمرینات همیشه توانایی عضلات را برای انقباض سریع بهبود نمی‌بخشد ، که نقش مهمی در عملکرد تغییر جهت[1] بازیکنان هندبال دارد (۲). بدین منظور از تمرینات چرخه کشش کوتاه[2] (SSC) که پلایومتریک نیز نامیده می‌شود برای هدف قرار دادن ضعف عمومی و سرعت انقباض در افراد استفاده شده است (۳). چرخه کشش کوتاه منجر به حفظ انرژی و همچنین افزایش نیروهای پیشرانه در مرحله نهایی (یعنی عمل کانسنتریک[3]) می‌شود (۴). تمرین پلایومتریک به طور گسترده در ادبیات تحقیقی مورد مطالعه قرار گرفته است و نشان داده شده است که تمرینات پلایومتریک برای طیف وسیعی از جنبه‌های سلامتی و ورزشی موثر است. برای مثال، تمرین پلایومتریک می‌تواند توده استخوانی را افزایش دهد و قدرت عضلانی، پرش، دوی سرعت، چابکی و عملکرد استقامتی را افزایش دهد (۵). به طور خاص نشان داده شده است که این تمرینات می‌تواند عملکرد جسمانی بازیکنان هندبال (شامل تغییر جهت، قدرت، توان، سرعت و تعادل) را نیز بهبود بخشد. یکی از جنبه‌های تمرین پلایومتریک که کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است، اثرات آن بر هیپرتروفی عضلات اسکلتی است. مارکوویچ[4] و میکولیک[5] (۱۹۹۷) در مطالعه مروری در مورد سازگاری عصبی-عضلانی-اسکلتی و عملکردی تمرینات پلایومتریک به این نتیجه رسیدند که ورزش پلایومتریک پتانسیل ایجاد هیپرتروفی عضلانی را دارد و این اثرات عموماً در مقایسه با اثرات ناشی از تمرینات مقاومتی کمتر است (۵). نویسندگان به طور کلی این نتایج را بر اساس مقایسه اثرات مطالعات مستقلی که فقط یک گروه تمرین مقاومتی یا فقط یک گروه تمرین پلایومتریک را شامل می‌شد، گزارش کردند (۵, ۶). این در حالی است که قوی‌ترین نتیجه‌گیری در مورد اثرات تمرین پلایومتریک (یا هر حالت دیگر تمرین) بر هیپرتروفی عضلانی را می توان با انجام مقایسه مستقیم با مداخله تمرینی مقاومتی استنباط کرد. اهمیت مقایسه مستقیم اثرات هایپرتروفی سایر شیوه‌های تمرین با تمرین مقاومتی به خوبی ثابت شده است. به عنوان مثال گریک و همکاران(۲۰۲۱) در بررسی اثرات تمرین هوازی در مقابل تمرین مقاومتی بر هایپرتروفی نشان دادند که تمرینات کششی در مقایسه با تمرینات مقاومتی تاثیری بر هایپرتروفی عضلات بازکننده زانو ندارند. در زمینه مقایسه تمرینات پلایومتریک و مقاومتی اخیرا گرگیک[6] و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که مداخلات تمرینی پلایومتریک و مقاومتی ممکن است اثرات مشابهی بر هیپرتروفی عضله، حداقل برای گروه‌های عضلانی اندام‌های تحتانی، در افراد تمرین کرده و تمرین‌نکرده، و در دوره‌های مداخله کوتاه‌مدت (یعنی کمتر از ۱۲ هفته) داشته باشد (۷).TGF-β1، نقش اساسی در فرآیندهای بیولوژیکی مختلف، از جمله رشد سلولی، تمایز، آپوپتوز، توسعه بافت و التهاب ایفا می‌کند (۸). با توجه به اثرات TGF-β1 بر رشد عضلات اسکلتی، نشان داده شده است که بیان بیش از حد TGF-β1 در عضلات اسکلتی باعث تحلیل عضلانی و فیبروز اندومیزیال[7] می‌شود (۹). مطالعات دیگر نشان داده‌اند که TGF-β1 یک مهارکننده قوی رشد و تمایز در میوبلاست‌ها[8] و سلول‌های عضلات صاف عروقی[9] است (۱۰, ۱۱) و می‌تواند تقسیم سلولی را سرکوب کند و از همجوشی

[1] Change of Direction Performance
2 stretch-shortening cycle
3 concentric action
4 Markovic
5 Mikulic
6 Grgic
7 endomysial fibrosis
8 myoblasts
9 vascular smooth muscle cells

سلول‌های ماهواره‌ای با عوامل سرکوب میوژنیک جلوگیری کند . اثرات TGF-β1 بر تنظیم رونویسی توسط پروتئین‌های درون سلولی به نام Smads انجام می‌شود. در پستانداران هشت پروتئین Smad شناسایی شده است: Smad1 تا Smad8 که به سه گروه عملکردی تقسیم می‌شوند: Smads گیرنده تنظیم شده[1] (R-Smads)، Smads واسطه مشترک[2] (Co-Smads) وSmads بازدارنده[3] (I-Samds). R-Smads، Smads2 و Smads3 در پاسخ به TGF-β1 فسفریله می‌شوند که باعث اتصال آن‌ها به Smad4 برای تشکیل یک کمپلکس Smad هترومری[4] می‌شود (۱۲) کمپلکس Smad وارد هسته شده و در هسته تجمع می‌یابد تا رونویسی پروتئین‌های ماتریکس خارج سلولی را آغاز کند (۱۲) بنابراین، Smad2/3 یک واسطه اولیه سیگنال‌دهی و رونویسی متعارف TGF-β1 در ارتباط با مولکول Smad4 است (۱۳). از آنجایی که TGF-β1اثرات منفی بر رشد عضلانی دارد، ممکن است در هایپرتروفی عضلانی ناشی از تمرین مقاومتی نقش داشته باشد. مطالعات بسیار اندکی و محدودی در مورد تأثیر تمرین مقاومتی بر بیان TGF-β1 در عضله اسکلتی وجود دارد. نیکویی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که اثر مسیر سیگنالینگ TGF-β1-Smad بر هایپرتروفی عضلانی ناشی از تمرین مقاومتی را می‌توان عمدتاً به کاهش اثرات بازدارنده آن بر فعال‌سازی سلول‌های ماهواره‌ای و سنتز پروتئین نسبت داد (۹). قاسم‌نژاد و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که تمرین مقاومتی باعث تنظیم مثبت سطوح پایه ژنTGF-β1 و تنظیم منفی سطوح پایه ژن میوستاتین در تاندون عضلات تند و کند انقباض می‌شود و این اثرات در تاندون عضله تند انقباض به طور قابل‌توجهی بیشتر است (۱۴). همچنین، مطالعات بسیار محدود با استفاده از تمرینات مختلف دیگر (به عنوان مثال، تمرینات با شدت کم یا تمرینات استقامتی) نشان داده است که هم غلظت سرمی و هم بیان عضلات اسکلتی TGF-β1 می‌تواند تحت تأثیر فعالیت بدنی قرار می‌گیرد (۱۵-۱۷). چرکوفسکا پاکزک[5] و همکاران (۲۰۰۶) دریافتند که دوره‌های حاد ورزش باعث افزایش سطح سرمی TGF-β1 در انسان می‌شود (۱۶). ستوده و همکاران (۲۰۱۷) کاهش معنادار را در TGF-β1 سرم در طی ۸ هفته تمرین تناوبی را گزارش کردند.(۱۸) علاوه‌براین نیز چرکوفسکا پاکزک و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که تمرین استقامتی به مدت ۶ هفته باعث کاهش بیان TGF-β1 در عضلات قلبی و اسکلتی موش‌ها می‌شود (۱۵). با این حال، نقش دقیق این تغییرات به طور کامل درک نشده است. بنابراین، این مطالعه با هدف بررسی اثربخشی تمرینات مقاومتی-کششی و مقاومتی-پلایومتریک بر سطوح TGF-β1 و قدرت عضلانی دختران هندبالیست انجام شد.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر، با توجه به اهداف پیش بینی شده، از نوع تحقیقات نیمه تجربی بود. طرح تحقیق به صورت پیش آزمون-پس آزمون با دو گروه تجربی و یک گروه کنترل بود. نمونه آماری تحقیق حاضر را ۳۶ نفر از دختران ورزشکار در رشته هندبال در دامنه سنی ۱۸ تا ۳۰ سال تشکیل دادند که حداقل ۵ سال سابقه ورزشی در رشته هندبال به صورت مداوم، عدم هرگونه محدودیت آناتومیکی و آسیب ورزشی اثرگذار بر عملکرد آزمودنی‌ها، عدم استفاده از هرگونه داروی بالینی یا افزایش دهنده‌ی عملکرد، عدم مصرف هرگونه مکمل غذایی ورزشی (از جمله کراتین، بتا آلانین، اسیدهای آمینه) قبل از مداخله و در طول مدت مداخله داشته باشند یک هفته قبل از شروع پروتکل‌های تمرینی، در جلسه‌ای توجیهی ابتدا خلاصه‌ای از برنامه‌های درمانی (تعداد جلسات، مدت هر جلسه، نوع ارزیابی‌ها) برای آزمودنی‌ها توسط محققین به زبان ساده و قابل‌فهم توضیح داده

1 The receptor-regulated Smads
2 common mediator Smads
3. the inhibitory Smads
4. heteromeric Smad complex
5. Czarkowska-Paczek

شد. علاوه‌براین، در این جلسه به آزمودنی‌ها اطمینان خاطر داده شد که اطلاعات شخصی آن‌ها در نزد پژوهشگران به صورت محرمانه حفظ شده و در نهایت به صورت کلی گزارش می‌گردد و به آنان نیز این اختیار داده شد که در هر مرحله از تمرین بتوانند در صورت عدم تمایل به ادامه همکاری انصراف دهند. همچنین پس از تکمیل کردن فرم رضایت نامه، جهت شرکت در پژوهش پرسش نامه وضعیت سلامت و دوره ماهیانه برای انجام فعالیت بدنی مورد بررسی قرارگرفت سپس زمان دوره ماهیانه آزمودنی ها ثبت گردید و رعایت شد که آزمودنی ها در زمان اندازه گیری متغییرهای مطالعه در دوره ماهیانه قرار نداشته باشند. رژیم غذایی روزانه ی آزمودنی های مورد مطالعه در طی دوره تحقیق با استفاده از پرسشنامه ی یادآمد تغذیه ای ۲۴ ساعته کنترل شد. در حین تمرینات بدنی همه ی آزمودنی های هیچ محدودیتی در رابطه با دسترسی و نوشیدن آب نداشتند پس از آشنایی آزمودنی‌ها با مراحل اجرای کار، آنها به صورت تصادفی به سه گروه (۱- تمرینات مقاومتی-پلایومتریک؛ ۲- تمرینات مقاومتی-کششی ۳- کنترل) تقسیم شدند. در ابتدا در مرحله پیش آزمون اندازه‌گیری‌های قد، وزن، قدرت عضلانی اندام تحتانی و فوقانی و سطوح سرمی TGF-β1 در سالن ورزشی باشگاه انجام گرفت. پس از مرحله پیش آزمون مرحله تمرینی آغاز شد. مرحله تمرینی در شش هفته و هر هفته سه جلسه در سالن ورزشی باشگاه انجام گرفت. در این مدت گروه کنترل فقط مجاز به شرکت در فعالیت‌های هندبالی خود بودند؛ در حالیکه گروه‌های تمرینی به اجرای تمرینات مورد نظر پرداختند که در ادامه توضیح داده می شود. ۴۸ ساعت بعد از اتمام مرحله تمرینی، مجدد از آزمودنی‌ها پس‌آزمون مشابه با همان روش‌های قبل، اخذ شد.

اندازه‌گیری قدرت عضلانی اندام تحتانی و اندام فوقانی

به منظور اندازه‌گیری قدرت عضلانی اندام فوقانی و تحتانی از آزمون یک تکرار بیشینه استفاده گردید. یک تکرار بیشینه در اندام فوقانی به وسیله حرکت پرس سینه اندازه‌گیری شد. یک تکرار بیشینه در اندام تحتانی به وسیله حرکت اسکات اندازه-گیری شد.

یک تکرار بیشینه در هر حرکت با استفاده از فرمول برزیسکی[1] محاسبه شد (۱۹):

((۰/۰۲۷۸ * تعداد تکرارها) – ۱/۰۲۷۸) / (کیلوگرم) وزن = یک تکرار بیشینه

پروتکل تمرین مقاومتی

گروه های تجربی(تمرین مقاومتی-کششی و مقاومتی-پلایومتریک)، تمرینات خود را طی ۶ هفته (سه جلسه در هفته) تحت نظارت مربی مجرب و کارآزموده انجام دادند. هر دو گروه تمرینی، برنامه تمرین مقاومتی را بر طبق جدول شماره ۱ انجام دادند. تمرینات مقاومتی حدود ۴۰ تا ۴۵ دقیقه به طول می‌انجامید. بلافاصله پس از پایان هر جلسه تمرین مقاومتی گروه پلایومتریک، تمرینات پلایومتریک و گروه کششی، تمرینات کششی را طبق پروتکل های آورده شده انجام دادند.(۲۰)

1. Brzycki formula

جدول ۱. پروتکل تمرینات مقاومتی

	تمرین مقاومتی	هفته ۱	هفته ۲	هفته ۳ تا ۵	هفته ۶
روز اول	پرس پا	۶۰ (٪۶۰) ۱۰-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴	۶۰ (٪۸۰) ۶-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴
	لانج دمبل	۶۰ (٪۶۰) ۱۰-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴	۶۰ (٪۸۰) ۶-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴
	پرس سینه	۶۰ (٪۶۰) ۱۰-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴	۶۰ (٪۸۰) ۶-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴
	پرس سرشانه دمبل	۶۰ (٪۶۰) ۱۰-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴	۶۰ (٪۸۰) ۶-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴
	زیربغل سیم کش از جلو	۶۰ (٪۶۰) ۱۰-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴	۶۰ (٪۸۰) ۶-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴
	پول آور دمبل	۶۰ (٪۶۰) ۱۰-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴	۶۰ (٪۸۰) ۶-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴
روز دوم	هاگ پا	۶۰ (٪۶۰) ۱۰-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴	۶۰ (٪۸۰) ۶-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴
	لانج هالتر	۶۰ (٪۶۰) ۱۰-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴	۶۰ (٪۸۰) ۶-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴
	پرس بالا سینه	۶۰ (٪۶۰) ۱۰-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴	۶۰ (٪۸۰) ۶-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴
	پشت بازو سیم کش	۶۰ (٪۶۰) ۱۰-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴	۶۰ (٪۸۰) ۶-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴
	زیربغل هالتر خم	۶۰ (٪۶۰) ۱۰-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴	۶۰ (٪۸۰) ۶-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴
	جلو بازو هالتر ایستاده	۶۰ (٪۶۰) ۱۰-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴	۶۰ (٪۸۰) ۶-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴
روز سوم	پرس سرشانه هالتر	۶۰ (٪۶۰) ۱۰-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴	۶۰ (٪۸۰) ۶-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴
	بارفیکس مچ برعکس	۶۰ (٪۶۰) ۱۰-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴	۶۰ (٪۸۰) ۶-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴
	اکستنشن زانو	۶۰ (٪۶۰) ۱۰-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴	۶۰ (٪۸۰) ۶-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴
	پرس پا	۶۰ (٪۶۰) ۱۰-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴	۶۰ (٪۸۰) ۶-۴	۹۰ (٪۷۰) ۸-۴

گروه مقاومتی-پلایومتریک برنامه تمرین پلایومتریک را بلافاصله بعد از برنامه تمرین مقاومتی در هر جلسه برگزار کردند. هر جلسه تمرین پلایومتریک بین ۱۵ تا ۲۰ دقیقه انجام گردید. زمان استراحت بین هر تکرار ۵ تا ۱۰ ثانیه و استراحت بین هر ست ۲ تا ۳ دقیقه بود. برنامه تمرینی پلایومتریک در جدول شماره ۲ ارائه شده است.(۲۰)

جدول ۲. پروتکل تمرینات پلایومتریک

تمرین پلایومتریک	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم، چهارم و پنجم	هفته ششم
لی لی درجا روی یک پا	۲×۵	۳×۵	۴×۵	۳×۵
پرش از مخروط‌ها	۲×۵	۳×۵	۴×۵	۳×۵
پرش اسکات	۲×۵	۳×۵	۴×۵	۳×۵
پرتاب از بالای سر با دو دست (توپ مدیسین ۲ کیلوگرمی)	۲×۵	۳×۵	۴×۵	۳×۵
شنا سوئدی با جهش	۲×۵	۳×۵	۴×۵	۳×۵
پرتاب از داخل سینه (توپ مدیسین ۲ کیلوگرمی)	۲×۵	۳×۵	۴×۵	۳×۵

گروه مقاومتی-کششی برنامه تمرین کششی را بلافاصله پس از تمرین مقاومتی به مدت ۱۵ الی ۲۰ دقیقه انجام دادند. زمان نگه داشتن عضله تحت کشش ایستا، در تمام ۶ هفته ۳۰ ثانیه در نظر گرفته شد. برنامه تمرینی کششی در جدول شماره ۳ ارائه شده است.(۲۰).

جدول ۳. پروتکل تمرینات کششی

حرکات کششی	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم، چهارم و پنجم	هفته ششم
کشش لگن	۱×۳۰	۲×۳۰	۳×۳۰	۲×۳۰
کشش عضله چهار سر – ایستاده	۱×۳۰	۲×۳۰	۳×۳۰	۲×۳۰
کشش کشاله ران	۱×۳۰	۲×۳۰	۳×۳۰	۲×۳۰
چسباندن زانو به قفسه سینه	۱×۳۰	۲×۳۰	۳×۳۰	۲×۳۰
کشش عضله همسترینگ – ایستاده	۱×۳۰	۲×۳۰	۳×۳۰	۲×۳۰
کشش همسترینگ سمت راست – ایستاده با پای ضربدری	۱×۳۰	۲×۳۰	۳×۳۰	۲×۳۰
کشش عضله همسترینگ سمت چپ – ایستاده با پای ضربدری	۱×۳۰	۲×۳۰	۳×۳۰	۲×۳۰
کشش یک دست عضله سینه‌ای دست راست	۱×۳۰	۲×۳۰	۳×۳۰	۲×۳۰
کشش یک دست عضله سینه‌ای دست چپ	۱×۳۰	۲×۳۰	۳×۳۰	۲×۳۰
کشش عضله دلتوئید راست با بازوی کشیده	۱×۳۰	۲×۳۰	۳×۳۰	۲×۳۰
کشش عضله دلتوئید چپ با بازوی کشیده	۱×۳۰	۲×۳۰	۳×۳۰	۲×۳۰
کشش عضله سه سر بازویی دست راست	۱×۳۰	۲×۳۰	۳×۳۰	۲×۳۰
کشش عضله سه سر بازویی دست چپ	۱×۳۰	۲×۳۰	۳×۳۰	۲×۳۰

اعداد موجود در جدول از سمت چپ شامل تعداد ست‌ها و زمان نگه داشتن (ثانیه) است.

اندازه‌گیری سطوح سرمی TGF-β1

نمونه خونی از سیاهرگ بازویی درحالت نشسته و در وضعیت استراحت، به میزان پنج سی سی از آزمودنی ها در دو مرحله پیش آزمون و ۴۸ ساعت پس از آخرین مرحله تمرینی گرفته شد. سطوح سرمی TGF-β1 به روش الایزا و با استفاده از کیت تجاری شرکت Boster Immunleader کشور امریکا اندازه‌گیری گردید. حساسیت کیت یا حداقل سطوح قابل شناسایی در سرم کمتر از ۱ پیکوگرم بر میلی‌لیتر بود. همچنین، دقت درون‌سنجی کیت از ضریب تغییرات کمتر از ۵/۷ درصد و دقت میان-سنجی آن نیز از ضریب تغییرات کمتر از ۷/۸ درصد برخوردار بود.

روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات، از روش‌های آمار توصیفی برای محاسبه شاخص‌های مرکزی و پراکندگی استفاده گردید. از آزمون شاپیروویلک برای بررسی نرمال بودن داده‌ها و از آزمون لوین برای بررسی برابری واریانس متغیرهای مورد نظر استفاده گردید. در بخش آمار استنباطی، از آزمون تحلیل کوواریانس جهت مقایسه بین گروهی و آزمون تی وابسته جهت اثرات درون گروهی استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ انجام گردید.

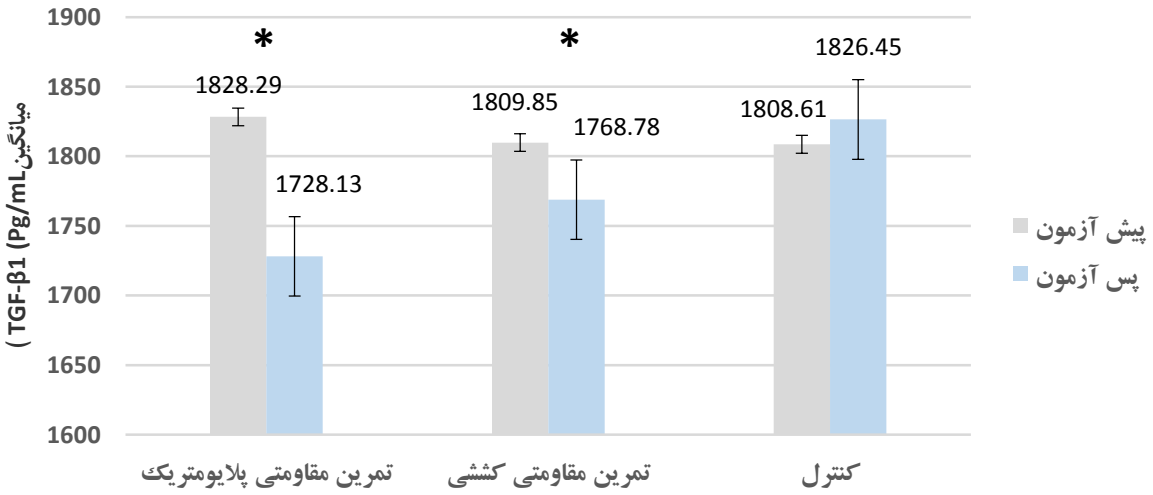
یافته‌ها

ویژگی های آزمودنی های تحقیق در جدول ۴ ارائه شده است. جدول شماره ۴ شاخص‌های میانگین و انحراف معیار مربوط به سن، قد و وزن آزمودنی‌ها در گروه‌های مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۴. میانگین و انحراف معیار مربوط به سن، قد و وزن آزمودنی‌ها

گروه	تعداد	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)
تمرینات مقاومتی- پلایومتریک	۱۲	۲۵/۰۰±۴/۱۱	۱۶۵/۰۸±۶/۶۱	۵۸/۸۳±۴/۰۴
تمرینات مقاومتی- کششی	۱۲	۲۴/۰۸±۴/۰۳	۱۶۴/۴۱±۵/۸۳	۵۹/۲۵±۴/۹۰
کنترل	۱۲	۲۴/۷۵±۳/۴۹	۱۶۵/۵۸±۶/۵۱	۵۹/۰۸±۴/۱۲

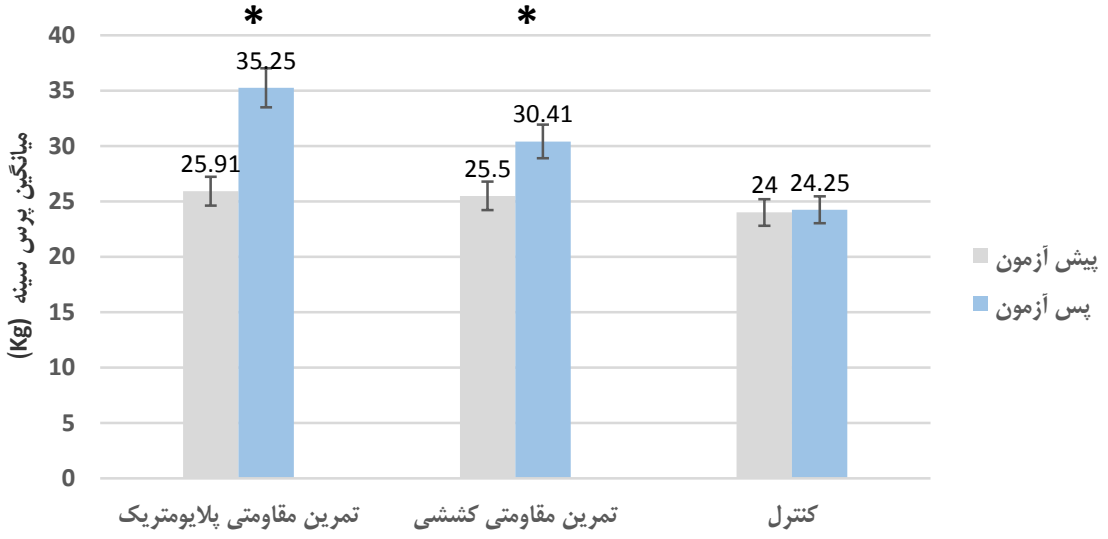
نمودار شمارهٔ ۱ محتوای TGF-β1 در گروه‌های مورد مطالعه قبل و پس از انجام مداخله را نشان می‌دهد مقدار این متغییر پس از شش هفته تمرین مقاومتی- پلایومتریک کاهش معناداری داشته است (P=۰/۰۰۰۱) همچنین شش هفته تمرین مقاومتی-کششی موجب کاهش معنادار مقادیر TGF-β1 شده است (P=۰/۰۳۲). دیگر نتایج حاکی از اندازه اثر بیشتر تمرین مقاومتی-پلایومتریک (۲/۱۴) در مقایسه با تمرین مقاومتی-کششی (۰/۷۰) بود. نتایج آزمون کوواریانس حاکی از این می‌باشد که بین گروه‌ها با اندازه اثر ۰/۵۶۳ در میزان TGF-β1 دختران هندبالیست تفاوت معنی‌داری وجود دارد (P=۰/۰۰۰۱، F=۲۶/۱۹). نتایج آزمون پیگردی بونفرونی حاکی از این می‌باشد که بین تمرین مقاومتی-پلایومتریک و تمرین مقاومتی-کششی با اختلاف میانگین ۳۹/۱۵ پیکوگرم بر میلی‌لیتر تفاوت معناداری وجود دارد (P=۰/۰۴۴). همچنین نتایج حاکی از وجود تفاوت معنادار بین تمرین مقاومتی-پلایومتریک و کنترل با اختلاف میانگین ۹۶/۷۲ پیکوگرم بر میلی‌لیتر بود (P=۰/۰۰۰۱). علاوه‌براین بین تمرین مقاومتی-کششی و کنترل با اختلاف میانگین ۵۷/۵۷ پیکوگرم بر میلی‌لیتر تفاوت معناداری یافت شد (P=۰/۰۰۱).



نمودار ۱- میانگین TGF-β1 در گروه‌های مختلف طی مراحل مطالعه

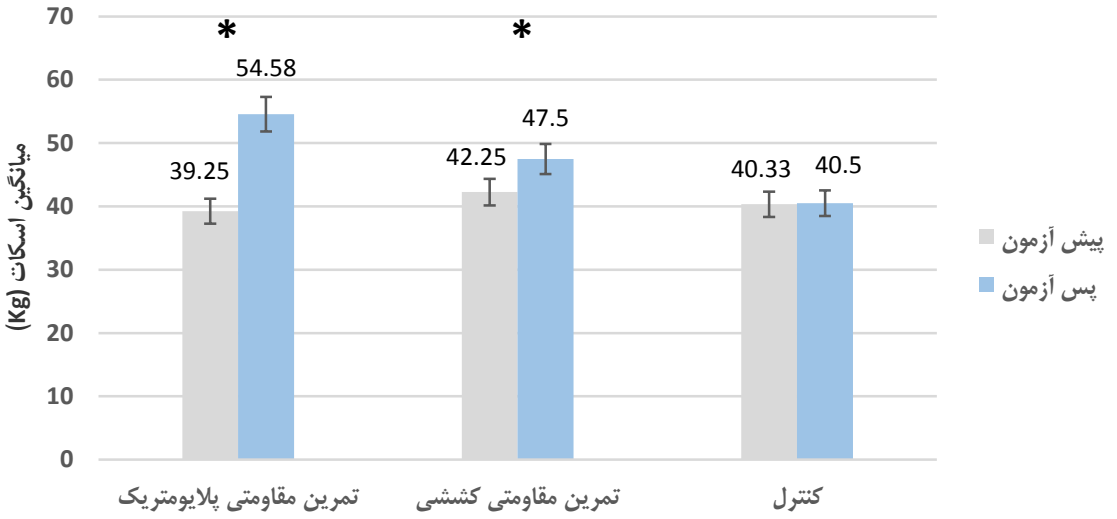
نمودار شمارهٔ ۲ محتوای میانگین قدرت عضلانی اندام فوقانی در گروه‌های مورد مطالعه قبل و پس از انجام مداخله را نشان می‌دهد نتایج نشان داد میزان قدرت عضلانی اندام فوقانی در اثر شش هفته تمرین تمرین مقاومتی-پلایومتریک از پیش آزمون (۲۵/۹۱) تا پس آزمون (۳۵/۲۵) افزایش معنی‌داری یافته است (P=۰/۰۰۰۱). همچنین که میزان قدرت عضلانی اندام فوقانی در اثر شش هفته تمرین تمرین مقاومتی-کششی از پیش آزمون (۲۵/۵۰) تا پس آزمون (۳۰/۴۱) افزایش معنی‌داری یافته است (P=۰/۰۰۵). دیگر نتایج حاکی از اندازه اثر بیشتر تمرین مقاومتی-پلایومتریک (۱/۸۰) در مقایسه با تمرین مقاومتی-کششی (۱/۰۰۸) بود. نتایج آزمون کوواریانس حاکی از این می‌باشد که بین گروه‌ها با اندازه اثر ۰/۶۳۳ در میزان قدرت عضلانی

اندام فوقانی دختران هندبالیست تفاوت معنی‌داری وجود دارد (P=۰/۰۰۰۱، F=۲۷/۶۱). نتایج آزمون پیگردی بنفرونی حاکی از این می‌باشد که بین تمرین مقاومتی-پلایومتریک و تمرین مقاومتی-کششی با اختلاف میانگین ۴/۸۵ کیلوگرم تفاوت معناداری وجود دارد (P=۰/۰۰۷). همچنین نتایج حاکی از وجود تفاوت معنادار بین تمرین مقاومتی-پلایومتریک و کنترل با اختلاف میانگین ۱۱/۰۸ کیلوگرم بود (P=۰/۰۰۰۱). علاوه‌براین بین تمرین مقاومتی-کششی و کنترل با اختلاف میانگین ۶/۲۳ کیلوگرم تفاوت معناداری یافت شد (P=۰/۰۰۱).



نمودار ۲- میانگین قدرت عضلانی اندام فوقانی در گروه‌های مختلف طی مراحل مطالعه

نمودار شمارهٔ ۳ تغییرات میانگین قدرت عضلانی اندام تحتانی در گروه‌های مورد مطالعه قبل و پس از انجام مداخله را نشان می‌دهد نتایج حاکی از این بود که میزان قدرت عضلانی اندام تحتانی در اثر شش هفته تمرین تمرین مقاومتی-پلایومتریک از پیش آزمون (۳۹/۲۵) تا پس آزمون (۵۴/۵۸) افزایش معنی‌داری یافته است (P=۰/۰۰۰۱). همچنین نتایج نشان داد میزان قدرت عضلانی اندام تحتانی در اثر شش هفته تمرین تمرین مقاومتی-کششی از پیش آزمون (۴۲/۲۵) تا پس آزمون (۴۷/۵۰) افزایش معنی‌داری یافته است. (P=۰/۰۴۲). دیگر نتایج حاکی از اندازه اثر بیشتر تمرین مقاومتی-پلایومتریک (۱/۷۹) در مقایسه با تمرین مقاومتی-کششی (۰/۶۶) بود. نتایج آزمون کوواریانس نشان داد که بین گروه‌ها با اندازه اثر ۰/۵۱۳ در میزان قدرت عضلانی اندام تحتانی دختران هندبالیست تفاوت معنی‌داری وجود دارد (P=۰/۰۰۰۱، F=۱۶/۸۸). نتایج آزمون پیگردی بونفرونی حاکی از این می‌باشد که بین تمرین مقاومتی-پلایومتریک و تمرین مقاومتی-کششی با اختلاف میانگین ۶/۳۶ کیلوگرم تفاوت معناداری وجود دارد (P=۰/۰۴۶). همچنین نتایج حاکی از وجود تفاوت معنادار بین تمرین مقاومتی-پلایومتریک و کنترل با اختلاف میانگین ۱۳/۹۱ کیلوگرم بود (P=۰/۰۰۰۱). علاوه براین بین تمرین مقاومتی-کششی و کنترل با اختلاف میانگین ۷/۵۵ کیلوگرم تفاوت معناداری یافت شد (P=۰/۰۱۲).



نمودار ۳- میانگین قدرت عضلانی اندام تحتانی در گروه‌های مختلف طی مراحل مطالعه

بحث و نتیجه گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که هم تمرین مقاومتی-پلایومتریک و هم تمرین مقاومتی-کششی بر کاهش سطوح سرمی TGF-β1 دختران هندبالیست تاثیر معنی‌داری دارد. در پژوهشی بر روی افراد سالم، نشان داده شد که سطوح پلاسمایی TGF-β1 پس از دو هفته تمرین مقاومتی سنگین به طور موقت افزایش می‌یابد، اما این سطوح مزمن نقطه‌ای به دنبال دو هفته دیگر ورزش به زیر سطح پایه کاهش می‌یابد (۱۷). این نتیجه با یافته مطالعه حاضر که نشان دهنده کاهش سطح پلاسمایی TGF-β1 پس از ۶ هفته تمرین مقاومتی-کششی و مقاومتی-پلایومتریک است، همخوانی دارد. در تحقیق همخوان دیگر، قاسم‌نژاد و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که تمرین مقاومتی باعث تنظیم مثبت سطوح پایه ژن TGF-β1 (کاهش) و تنظیم منفی سطوح پایه ژن میوستاتین در تاندون عضلات تند و کند انقباض می‌شود و این اثرات در تاندون عضله تند انقباض به طور قابل‌توجهی بیشتر است. اما خدیوی و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که هشت هفته تمرین مقاومتی تغییر چندانی در میزان TGF-β1 سرمی ندارد.(۲۱) از دلایل احتمالی تفاوت β1 باشد. انجام تمرین مقاومتی در دراز مدت قدرت آنتی اکسیدانی عضله را افزایش می‌دهد، وقوع این سازگاری تمرینی می‌تواند منجر به کاهش در گردش فاکتور TGF-β1 پس از یک دوره تمرین گردد. علاوه بر این، هان و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که تغییر در محتوای TGF-β1 ممکن است به دلیل هایپوکسی ناشی از فعالیت مقاومتی باشد (۲۲). با این حال، نتایج مطالعه نکویی و همکاران (۲۰۱۶) حاکی از این می-باشد که افزایش TGF-β1 در دوره زمانی بیشتر از ۳ ساعت بعد از فعالیت حاد اتفاق می‌افتد. در طول این دوره زمانی هیپوکسی احتمالا وجود ندارد. با در نظر گرفتن نقش TGF-β1 در میوژنز و فیبروز، کاهش مشاهده شده به دنبال اعمال تمرین مقاومتی دور از تصور نیست (۲۳). گلاس و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که TGF-β1 می‌تواند بیان فاکتور افزایش دهنده میوژنز را مهار و مانع از رشد عضلانی شود و افزایش بیش از حد آن منجر به فیبروز می‌شود که عملکرد عضلانی را دچار اختلال می‌کند (۲۴). . تغییراتی که پس از تمرین رخ می‌دهد به نوع محرک بستگی دارد که شامل: مدل، شدت و حجم تمرین می‌شود (۲۵). دیگر نتایج این بخش نشان داد که تمرینات مقاومتی-پلایومتریک در مقایسه با تمرینات مقاومتی-کششی از لحاظ آماری باعث کاهش بیشتر سطوح سرمی TGF-β1 می‌شود. در این مورد می‌توان بیان کرد که بهبود بهتر فاکتور سرمی

TGF-β1 در اثر تمرینات مقاومتی پلایومتریک در اثر تحمیل فشار متابولیکی قابل توجه به آزمودنی‌ها می‌باشد؛ نشان داده شده است که تمرینات با استفاده از الگوهای حرکتی انفجاری و بارهای بالاتر برای قسمت پایین تنه و بارهای متوسط برای قسمت بالا تنه مفیدتر هستند، زیرا هدف این است که حداکثر فشار را در حین تمرینات داشته باشیم (۲۶). دیگر نتایج مطالعه حاضر نشان داد که شش هفته تمرین مقاومتی-پلایومتریک و تمرین مقاومتی-کششی بر افزایش قدرت عضلانی اندام تحتانی (پرس پا) و اندام فوقانی (پرس سینه) دختران هندبالیست تاثیر معنی‌داری دارد. این یافته به طور عام بر اهمیت تمرینات مقاومتی تاکید دارد. در این مورد، نیکویی و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که تمرینات مقاومتی چه به صورت سنتی و چه به صورت لاکتیکی بر یک تکرار بیشینه در حرکت اسکات بدن‌سازان حرفه‌ای افزایش معنی دار دارد. افزایش قدرت عضلانی پس از تمرین مقاومتی به سازگاری هـای عصبی- عضلانی نسبت داده شده است (۲۷). احتمالا فراخوانی بیشتر واحدهای حرکتی و همزمانی عـمـل آن‌ها (۲۸) و فعال‌سازی عضلات عمل کننده با تمرین مقاومتی افزایش می‌یابد (۲۹). در مراحل اولیه (۶-۸)هفته اول) تمرین مقاومتی، سازگاری‌های عصبی مکانیسم غالب برای افزایش قدرت می‌باشد اما در مراحل بعدی (۱۲-۲۶ هفته)، کسب قدرت به افزایش تدریجی در اندازه میوفیبریل‌ها (هایپرتروفی) نسبت داده می‌شود (۳۰). اثرات و انطباق ریشه-های عصبی ممکن است مسئول حرکت موفقیت‌آمیز واحدهای حرکتی باشد، در نتیجه قدرت عضلانی بیشتری را فراهم می‌کند (۳۱). در مطالعه سفارد و همکاران(۲۰۱۲) سطح مقطع بافت عضلانی پس از تمرین مقاومتی به طور قابل توجهی افزایش پیدا نکرد و افزایش قدرت عضلانی ممکن است به بهبود سازگاری عصبی نسبت داده شود (۳۲). افزایش توان متعاقب تمرینات پلایومتریک می‌تواند به علت افزایش در اندازه تارهای عضلانی (نوع اول و دوم) باشد. بهبود در تولید نیروی عضلانی با افزایش در تارهای عضلانی ارتباط دارد. تمرینات پلایومتریک می‌تواند افزایش معناداری در سطح مقطع تارهای نوع اول و دوم داشته باشد (۳۳). افزایش قدرت نیز تحت تاثیر برخی عوامل عصبی شامل فراخوانی واحدهای حرکتی، افزایش در تواتر تخلیه الکتریکی نورون‌های حرکتی و کاهش مهارهای عصبی، عوامل ساختاری نظیر افزایش در تراکم و استحکام استخوانی، افزایش در تراکم مویرگی، افزایش در اندازه و قدرت رباط‌ها و وترها و عوامل بیوشیمیایی از جمله افزایش در ذخایر آدنوزین تری فسفات (ATP) و کراتین فسفات (CP)، افزایش در فعالیت آنزیم‌های کراتین فسفوکیناز و ادنوزین تری فسفاتاز، افزایش هورمون رشد، تستسترون و کاتوکالامین‌ها قرار دارد (۳۴). تمرین مقاومتی نه تنها شامل فشار مکانیکی زیاد، بلکه همچنین شامل عوامل متابولیکی، هورمونی و عصبی است (۳۵). روش تمرینی پلایومتریک، مهار بازتابی عضله را کاهش و حساسیت اندام‌های گلژی تاندون را افزایش می‌دهد. همچنین حساسیت دوک‌های عضله را بهبود می‌بخشد و تنش عضله را افزایش می-دهد (۳۶). به هر حال به نظر می‌رسد عوامل دیگری بر ویژگی‌های انقباضی عضله، در سازگاری به تمرین پلایومتریک نقش دارند. بنابراین ممکن است اجزای انقباضی تارهای عضلانی در تمرین پلایومتریک کمتر تحریک شوند و این احتمال وجود دارد که در سازگاری به تمرین انفجاری، ویژگی‌های الاستیکی عضله، ویژگی‌های عصبی و اصل شبیه‌سازی حرکت سهم بسزایی داشته باشند. ویسینگ و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که تمرین مقاومتی و تمرین پلایومتریک هر دو سطح مقطع عرضی عضله را افزایش داده و باعث افزایش قدرت می‌شود. این نتیجه گواه آن است که احتمالا تمرین پلایومتریک، هایپرتروفی اجزای انقباضی تار عضله را تحت تاثیر قرار نمی‌دهد و احتمالا افزایش سطح مقطع عرضی کل عضله و افزایش قدرت، مدیون افزایش در گزوه اجزای الاستیکی و غیرانقباضی عضله است (۳۷). دیگر نتایج این بخش نشان داد که تمرینات مقاومتی-پلایومتریک در مقایسه با تمرینات مقاومتی-کششی از لحاظ آماری باعث افزایش بیشتر قدرت عضلانی اندام فوقانی و اندام تحتانی دختران هندبالیست گردیده است. همراستا با این یافته، نصیری هوشمند و همکاران (۲۰۱۸) تمرینات مقاومتی- پلایومتریک نسبت به تمرینات مقاومتی- کششی و تمرینات مقاومتی- الاستیک موجب افزایش معنی‌دار شاخص قدرت پایین‌تنه مردان اندام پرور شد (۳۸) البته به صورت غیرمستقیم محمدی و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که استفاده از کش در تمرینات پلایومتریک

(شتابی و مقاومتی)، مفیدتر از تمرینات پلایومتریک معمولی در افراد فعال می‌باشد. همچنین، تمرین پلایومتریک شتابی، کارایی بیشتری در بهبود توان و قدرت عضلانی نسبت به پلایومتریک مقاومتی و معمولی دارد (۳۹) یکی از مولفه‌های مهم قدرت در رابطه با تمرینات پلایومتریک، حالت کشسانی عضله (توانایی عضله برای کشیده شدن و افزایش تنش در عناصر انقباضی عضله اسکلتی) است. دامنه تغییرات کشسانی به طور مستقیم با توانایی بافت برای مقاومت در مقابل نیروها و بازگشت آن به شکل اولیه هنگام برطرف شدن فشار اعمال شده، تناسب دارد. همین خاصیت ارتجاعی است که تمرین مقاومتی-پلایومتریک را نسبت به تمرین مقاومتی-کششی برجسته می‌کند (۵). البته در مورد این نتیجه هم می‌توانیم به استدلال گوموسیو و همکاران (۲۰۱۵) اشاره کنیم. آسیب مکانیکی به فیبرهای عضلانی اسکلتی می‌تواند آغازگر مجموعه‌ای از رویدادها باشد که منجر به هیپرتروفی عضلانی و افزایش تولید نیرو می‌شود. سه نوع کلی از انقباضات عضلانی وجود دارد: (۱) ایزومتریک، که در آن فیبرهای عضلانی به طور فعال نیرو تولید می کنند اما در طول آن تغییری نمی‌کنند. (۲) کوتاه شدن یا کانسنتریک، که در آن فیبرهای عضلانی در حالی که به طور فعال نیرو تولید می کنند، کوتاه می شوند. طولانی شدن یا اکسنتریک، که در آن فیبرهای عضلانی در حالی که به طور فعال نیرو تولید می‌کنند، کشیده‌تر می‌شوند. در حالی که انقباضات ایزومتریک و کانسنتریک می‌تواند منجر به افزایش قدرت اولیه در هنگام شروع یک برنامه ورزشی شود، اما دستاوردهای عمده در قدرت و هیپرتروفی عضلانی اغلب از طریق تمرینات اکسنتریک رخ می‌دهد. انقباضات اکسنتریک می‌توانند مستقیماً به سارکومرها و غشای پلاسمایی فیبر عضلانی یا سارکولما آسیب مکانیکی وارد کنند و این آسیب باعث ایجاد یک سری آبشارهای سیگنالی می‌شود که مسئول تخریب و بازیافت پروتئین های آسیب دیده هستند (۴۰). احتمال دارد چون در تمرینات پلایومتریک انقباضات اکسنتریک بیشتری رخ می‌دهد در مقایسه با تمرین مقاومتی-کششی باعث افزایش بیشتر قدرت عضلانی اندام فوقانی و تحتانی شده باشد به طور کلی نتایج مطالعه حاضر نشان داد که هم روش تمرینی مقاومتی-پلایومتریک و هم تمرین مقاومتی-کششی بر کاهش TGF-β1 دختران هندبالیست تاثیر معناداری داشتند، اما این کاهش TGF-β1 در گروه تمرین مقاومتی-پلایومتریک در مقایسه با گروه تمرینات مقاومتی-کششی بیشتر بود. دیگر نتایج مطالعه حاضر نشان داد که هر دو روش تمرینی مقاومتی-پلایومتریک و مقاومتی-کششی بر افزایش قدرت عضلانی اندام فوقانی و تحتانی دختران هندبالیست تاثیر معناداری داشتند، اما این افزایش قدرت عضلانی اندام فوقانی و تحتانی دختران هندبالیست در در گروه تمرین مقاومتی-پلایومتریک در مقایسه با گروه تمرینات مقاومتی-کششی بیشتر بود. یکی از محدودیت های پژوهش حاضر عدم کنترل دقیق وضعیت فعالیت‌های روزانه، خواب و استراحت آزمودنی ها بود همچنین که شرایط روانی آزمودنی‌ها دیگر محدودیت این مطالعه بود.

تقدیر و تشکر

این مقاله حاصل بخشی از نتایج پایان نامه در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۴۰۱ است که مراتب قدردانی خود را از همکاران محترمی که در انجام این پژوهش مساعدت فرمودند اعلام میداریم.

سهم نویسندگان

تمامی نویسندگان معیارهای استاندارد نویسندگی بر اساس پیشنهادات کمیته بین المللی ناشران مجلات پزشکی را دارا بودند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می دارند که هیچ گونه تضاد منافعی در پژوهش وجود ندارد.

منابع

1. Morris, S. J., Oliver, J. L., Pedley, J. S., Haff, G. G., & Lloyd, R. S. (2022). Comparison of weightlifting, traditional resistance training and plyometrics on strength, power and speed: a systematic review with meta-analysis. *Sports Medicine*, *52*(7), 1533-1554. [Doi: 10.1007/s40279-021-01627-2]
2. Papla, M., Perenc, D., Zając, A., Maszczyk, A., & Krzysztofik, M. (2022). Contribution of Strength, Speed and Power Characteristics to Change of Direction Performance in Male Basketball Players. *Applied Sciences*, *12*(17), 8484. [Doi: 10.3390/app12178484]
3. De Villarreal, E. S. S., Requena, B., & Newton, R. U. (2010). Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport*, *13*(5), 513-522. [Doi: 10.1016/j.jsams.2009.08.005]
4. Turner, A. N., & Jeffreys, I. (2010). The stretch-shortening cycle: Proposed mechanisms and methods for enhancement. *Strength & Conditioning Journal*, *32*(4), 87-99. [Doi: 10.1519/SSC.0b013e3181e928f9]
5. Markovic, G., & Mikulic, P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports medicine*, *40*, 859-895. [Doi: 10.2165/11318370-000000000-00000]
6. Malisoux, L., Francaux, M., Nielens, H., & Theisen, D. (2006). Stretch-shortening cycle exercises: an effective training paradigm to enhance power output of human single muscle fibers. *Journal of applied physiology*, *100*(3), 771-779. [Doi: 10.1152/japplphysiol.01027.2005]
7. Grgic, J., Schoenfeld, B. J., & Mikulic, P. (2021). Effects of plyometric vs. resistance training on skeletal muscle hypertrophy: A review. *Journal of sport and health science*, *10*(5), 530-536. [Doi: 10.1016/j.jshs.2020.06.010]
8. Kubiczkova, L., Sedlarikova, L., Hajek, R., & Sevcikova, S. (2012). TGF-β–an excellent servant but a bad master. *Journal of translational medicine*, *10*, 1-24. [Doi: 10.1186/1479-5876-10-183]
9. Nikooie, R., Jafari-Sardoie, S., Sheibani, V., & Nejadvaziri Chatroudi, A. (2020). Resistance training-induced muscle hypertrophy is mediated by TGF-β1-Smad signaling pathway in male Wistar rats. *Journal of Cellular Physiology*, *235*(7-8), 5649-5665. [Doi: 10.1002/jcp.29497]
10. Angelis, M. C. D., Molinari, S., Donne, A. L., Coletta, M., Vivarelli, E., Bouche, M., ... & Cossu, G. (1994). Differential response of embryonic and fetal myoblasts to TGFβ: a possible regulatory mechanism of skeletal muscle histogenesis. *Development*, *120*(4), 925-933. [Doi: 10.1242/dev.120.4.925]
11. Grainger, D. J., Kemp, P. R., Witchell, C. M., Weissberg, P. L., & Metcalfe, J. C. (1994). Transforming growth factor β decreases the rate of proliferation of rat vascular smooth muscle cells by extending the G2 phase of the cell cycle and delays the rise in cyclic AMP before entry into M phase. *Biochemical Journal*, *299*(1), 227-235. [Doi: 10.1042/bj2990227]
12. Kamato, D., Burch, M. L., Piva, T. J., Rezaei, H. B., Rostam, M. A., Xu, S., ... & Osman, N. (2013). Transforming growth factor-β signalling: role and consequences of Smad linker region phosphorylation. *Cellular signalling*, *25*(10), 2017-2024. [Doi: 10.1016/j.cellsig.2013.06.001]

13. Shi, Y., & Massagué, J. (2003). Mechanisms of TGF-β signaling from cell membrane to the nucleus. *cell*, *113*(6), 685-700. [Doi:10.1016/S0092-8674(03)00432-X]
14. Mohammadnezhad, G., Matin Homayi, H., & Ghazalian, F. (2020). Effect of a 6-Week Resistance Training Program on Transforming Growth Factor Beta-1 and Myostatin Genes Expression in Tendons of Extensor Digitorum Longus and Soleus Muscles in Rats. *Journal of Arak University of Medical Sciences*, *23*(1), 82-91. [Doi: 10.32598/JAMS.23.1.5849.1] [In Persian]
15. Czarkowska-Paczek, B., Zendzian-Piotrowska, M., Bartlomiejczyk, I., Przybylski, J., & Gorski, J. (2009). The effect of acute and prolonged endurance exercise on transforming growth factor-beta1 generation in rat skeletal and heart muscle. *J physiol pharmacol*, *60*(4), 157-62.
16. Czarkowska-Paczek, B., Bartlomiejczyk, I., & Przybylski, J. (2006). THE SERUM LEVELS OF GROWTH FACTORS: PDGF, TGF-BETA AND. *Journal of physiology and pharmacology*, *57*(2), 189-97.
17. Hering, S., Jost, C., Schulz, H., Hellmich, B., Schatz, H., & Pfeiffer, A. (2002). Circulating transforming growth factor β1 (TGFβ1) is elevated by extensive exercise. *European journal of applied physiology*, *86*, 406-410. [Doi: 10.1007/s00421-001-0537-5]
18. Sotoudeh V, Gharakhanlou R, Khalighfard S, Khalighfard S, Alizadeh AM. Protective effects of eight weeks interval aerobic exercise on decorin, TGF-β and tumor volume in atypical animal of breast cancer. Research in Sport Medicine and Technology. 2017;14(30):60-71. [In Persian]
19. DiStasio TJ. Validation of the Brzycki and Epley Equations for the 1 Repetition Maximum Back Squat Test in Division I College Football Players. Carbondale, IL Southern Illinois University. 2014.
20. Nasiri Hooshmand, M., & Hosseini Kakhk, S. A. (2019). Comparison of the effects of three training programs of stretch-resistance, elastic-resistance and plyometric-resistance on muscle function and body composition in male bodybuilders. *Journal of Applied Exercise Physiology*, *14*(28), 71-88. [Doi: 10.22080/jaep.2018.12962.1677] [In Persian]
21. Khedevi Borojni Zahra, Rajabi Hamid, Marandi Seyed Mohammad, Haqjo Shaghaiq, Khedevi Borojni Alireza, Ebrahim. N. Research in sports medicine and technology (movement sciences and sports). Resistance exercise on serum levels of myostatin and plasma FGF-2 in male Wistar rats 2017;8(15):11-22. [In Persian]
22. Han, W. Q., Zhu, Q., Hu, J., Li, P. L., Zhang, F., & Li, N. (2013). Hypoxia-inducible factor prolyl-hydroxylase-2 mediates transforming growth factor beta 1-induced epithelial–mesenchymal transition in renal tubular cells. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Cell Research*, *1833*(6), 1454-1462. [Doi: 10.1016/j.bbamcr.2013.02.029]
23. Nikooie, R., & Samaneh, S. (2016). Exercise-induced lactate accumulation regulates intramuscular triglyceride metabolism via transforming growth factor-β1 mediated pathways. *Molecular and Cellular Endocrinology*, *419*, 244-251. [Doi: 10.1016/j.mce.2015.10.024]
24. Glass DJ. Signaling pathways perturbing muscle mass. Current opinion in clinical nutrition & metabolic care. 2010;13(3):225-9.
25. Coyle, E. F. (2000). Physical activity as a metabolic stressor. *The American journal of clinical nutrition*, *72*(2), 512S-520S.
26. Roberson, K. B., Chowdhari, S. S., White, M. J., & Signorile, J. F. (2017). Loads and movement speeds dictate differences in power output during circuit training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *31*(10), 2765-2776. [Doi: 10.1519/JSC.0000000000001731]

27. Phillips, B. E., Williams, J. P., Greenhaff, P. L., Smith, K., & Atherton, P. J. (2017). Physiological adaptations to resistance exercise as a function of age. *JCI insight*, *2*(17). [Doi: 10.1172/jci.insight.95581] [PMCID: PMC5621901] [PMID: 28878131]
28. Gault, M. L., & Willems, M. E. (2013). Aging, functional capacity and eccentric exercise training. *Aging and disease*, *4*(6), 351. [Doi: 10.14336/AD.2013.0400351] [PMCID: PMC3843652] [PMID: 24307968]
29. Suetta, C., Aagaard, P., Rosted, A., Jakobsen, A. K., Duus, B., Kjaer, M., & Magnusson, S. P. (2004). Training-induced changes in muscle CSA, muscle strength, EMG, and rate of force development in elderly subjects after long-term unilateral disuse. *Journal of Applied Physiology*, *97*(5), 1954-1961. [Doi: 10.1152/japplphysiol.01307.2003]
30. Bird, S. P., Tarpenning, K. M., & Marino, F. E. (2005). Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. *Sports medicine*, *35*, 841-851. [Doi: 10.2165/00007256-200535100-00002]
31. Kraemer, W. J., Deschenes, M. R., & Fleck, S. J. (1988). Physiological adaptations to resistance exercise: implications for athletic conditioning. *Sports medicine*, *6*, 246-256. [Doi: 10.2165/00007256-198806040-00006]
32. Shephard R. J. (2012). Physiology of sport and exercise. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *37*(1):197-8.
33. Luebbers, P. E., Potteiger, J. A., Hulver, M. W., Thyfault, J. P., Carper, M. J., & Lockwood, R. H. (2003). Effects of plyometric training and recovery on vertical jump performance and anaerobic power. *The Journal of strength & conditioning research*, *17*(4), 704-709.
34. Brown, A. C., Wells, T. J., Schade, M. L., Smith, D. L., & Fehling, P. C. (2007). Effects of plyometric training versus traditional weight training on strength, power, and aesthetic jumping ability in female collegiate dancers. *Journal of dance medicine & science*, *11*(2), 38-44.
35. Tanimoto, M., & Ishii, N. (2006). Effects of low-intensity resistance exercise with slow movement and tonic force generation on muscular function in young men. *Journal of Applied Physiology*, *100*(4), 1150-1157. [Doi: 10.1152/japplphysiol.00741.2005]
36. Lehnert, M., Lamrová, I., & Elfmark, M. (2009). Changes in speed and strength in female volleyball players during and after a plyometric training program. *Acta Gymnica*, *39*(1), 59-66.
37. Vissing, K., Brink, M., Lønbro, S., Sørensen, H., Overgaard, K., Danborg, K., ... & Aagaard, P. (2008). Muscle adaptations to plyometric vs. resistance training in untrained young men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *22*(6), 1799-1810.
38. Nasiri Hooshmand, M., & Hosseini Kakhk, S. A. (2019). Comparison of the effects of three training programs of stretch-resistance, elastic-resistance and plyometric-resistance on muscle function and body composition in male bodybuilders. *Journal of Applied Exercise Physiology*, *14*(28), 71-88. [Doi: 10.22080/jaep.2018.12962.1677]
39. Abbas, M., & Kazem, K. A. I. (2015). Comparison of the effects of accelerated plyometrics, resistance plyometrics and normal plyometrics on the performance of power, strength and muscle hypertrophy of active men. *Sport physiology*, *8*:33-50. [In Persian]
40. Gumucio, J. P., Sugg, K. B., & Mendias, C. L. (2015). TGF-β superfamily signaling in muscle and tendon adaptation to resistance exercise. *Exercise and sport sciences reviews*, *43*(2), 93. [Doi: 10.1249/JES.0000000000000041] [PMCID: PMC4369187] [PMID: 25607281]