

علوم زیستی ورزشی - زمستان ۱۳۸۹
شماره ۷- صص: ۹۱-۱۱۳
تاریخ دریافت: ۱۰/۰۹/۸۹
تاریخ تصویب: ۰۲/۰۳/۹۰

سازگاری‌های عصبی-عضلانی و عملکردی به تمرین منتخب پلیومتریک در مقابل ترکیب تمرین مقاومتی و پلیومتریک

۱. وحید ولی پور ده نو - ۲. رضا قراخانلو^۱ - ۳. فاطمه رهبری زاده - ۴. سیدجواد مولی
۱. دانشجوی دکتری دانشگاه تربیت مدرس، ۲. دانشیار دانشگاه تربیت مدرس، ۳. استادیار دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

آمادگی جسمانی به عنوان بخشی کلیدی برای اجرای بهینه در بیشتر رشته‌های ورزشی مدنظر قرار گرفته است. هدف از پژوهش حاضر، بررسی سازگاری‌های عصبی-عضلانی و عملکردی به دو شیوه تمرینی مختلف بود. در این پژوهش ۱۴ آزمودنی مرد به صورت داوطلبانه انتخاب و به طور تصادفی به دو گروه تقسیم شدند. گروه اول (پلیومتریک، ۷ آزمودنی) تمرین پلیومتریک و گروه دوم (ترکیبی، ۷ آزمودنی)، ترکیبی از تمرین مقاومتی و پلیومتریک را ۳ روز در هفته به مدت ۸ هفته (۴ هفته تمرین مقاومتی و ۴ هفته تمرین پلیومتریک) انجام دادند. به منظور ارزیابی فعالیت عصبی عضله، قبل و بعد از تمرین الکترومیوگرافی سطحی (SEMG) از عضله پهن جانبی انجام گرفت. برای تعیین قدرت عضلانی، توان عضلانی، چابکی و سرعت دویدن، به ترتیب از آزمون‌های یک تکرار بیشینه، بوسکو (۵ و ۶۰ ثانیه‌ای)، سارجنت و پرش جفت، مانع شش ضلعی و دو سرعت ۳۵ متر استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون t زوجی و t مستقل استفاده شد و سطح معناداری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد SEMG در هر دو گروه افزایش یافت، اما تنها در گروه ترکیبی معنادار بود (گروه پلیومتریک $P \leq 0/11$ و گروه ترکیبی $P \leq 0/05$). در آزمون‌های بوسکو، سارجنت، پرش جفت، مانع شش ضلعی و دو سرعت ۳۵ متر، گروه پلیومتریک عملکرد بهتری داشت، اما در آزمون یک تکرار بیشینه گروه ترکیبی بهتر عمل کردند. نتیجه اینکه احتمالاً در دوره‌های کوتاه مدت (۸ هفته) تمرین پلیومتریک به تنهایی نسبت به تمرین ترکیبی (مقاومتی و پلیومتریک) اثر بیشتری بر اجرای ورزشی هدفمند خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی

عضله اسکلتی، پلیومتریک، تمرین ترکیبی، الکترومیوگرافی سطحی.

مقدمه

بافت عضله به وضوح بیشترین بافت سلولی در بدن (۱۷) و بافت خیلی ناهمگنی است که می تواند با چالش های گوناگون سازگار شود (۳۳). عضله اسکلتی برای حرکت انسان حیاتی بوده و یک بافت هدف عمده برای فعل و انفعالات هورمونی است (۳۵). اساس انعطاف پذیری^۱ عملکردی عضله اسکلتی به کنترل عصبی نیرومند و موجود بودن انواع تارها درون هر عضله باز می گردد (۲۳). به هر حال، شکل پذیری^۲ عضله اسکلتی در پاسخ به ورزش از طریق چند سطح تنظیمی شامل رویدادهای رونویسی، پس از رونویسی و ترجمه ای کنترل می شود (۶).

تلاش برای بهبود اجرا، به سرمایه گذاری زمانی زیادی برای بیشتر ورزشکاران، تمرین کنندگان و مربیان نیاز دارد. روش های تمرینی به کار برده شده برای رسیدن به اجرای بهتر، به سطح مهارت ورزشکار و تجربه تمرینی وابسته است. در ورزشکاران تازه کار، بهبود کنترل حرکت و قدرت عضله، بهبود اجرا را ممکن می سازد. برای ورزشکاران نخبه که تکنیک و کنترل آنها در سطح بالایی است، ممکن است بهبود قدرت عضله، هدف تمرینی باشد (۱۵).

تمرین مقاومتی متداول^۳ (CRT) و تمرین پلیومتریک^۴ (PT)، دو راهبرد مختلف برای بهبود قدرت عضلانی و توان انقباضی بیشینه هستند (۱۹). حرکات مقاومتی سنگین توسعه نیروی درونگرا و حرکات مقاومتی سبک تر و پلیومتریک، توسعه نیروی برونگرا را افزایش می دهد (۵). تمرین مقاومتی به عنوان انقباض های تکراری اختیاری عضله در مقابل مقاومتی تعریف می شود که بزرگ تر از مقاومت هایی است که به طور طبیعی در فعالیت های زندگی روزمره با آن مواجه می شود. معروف است که این نوع تمرین، قدرت را از طریق سازگاری در هر دو سیستم های عضلانی و عصبی افزایش می دهد (۲۰، ۲۲). ورزش مقاومتی متداول افزایش سنتز پروتئین های عضله اسکلتی را تحریک می کند و به هایپرتروفی عضله منجر می شود. افزایش سنتز پروتئین ممکن است ناشی از افزایش رونویسی، مولکول های mRNA باثبات تر، میزان ترجمه بالاتر یا ترکیبی از این فرایندها باشد. بنابراین

1 - Flexibility

2 - plasticity

3 - Conventional resistance training

4 - Plyometric training

به نظر می‌رسد که تمرین مقاومتی هر دو تغییرات رونویسی و ترجمه‌ای در عضله را تحریک می‌کند (۲۵). تمرین مقاومتی متداول برون‌داد عصبی به عضله موافق را افزایش و گاهی فعال‌سازی^۱ عضله مخالف را کم می‌کند (۱۹).

قدرت و توان عضلانی به‌عنوان عناصر اصلی اجرای ورزشی موفق، برای انجام فعالیت‌های روزانه و تکالیف شغلی نیز مورد ملاحظه قرار گرفته است. پژوهش‌های زیادی بر توسعه اجرای بیشینه قدرتی تأکید کرده‌اند، چون به نظر می‌رسد این کیفیت عصبی-عضلانی، بیشتر قلمروهای دیگر ظرفیت جسمانی انسان را پشتیبانی می‌کند (۷). توانایی تولید توان انفجاری پایین تنه می‌تواند عامل مهمی در اجرای بسیاری از فعالیت‌های ورزشی باشد. ورزش‌های نیازمند پریدن، پرتاب کردن یا دو سرعت به طور چشمگیری بر قدرت-سرعت یا توان ورزشکار متکی‌اند (۲۶). از روش‌های تمرینی متفاوتی شامل تمرین مقاومتی سنگین، تمرین مقاومتی از نوع انفجاری، تمرین تحریک الکتریکی و تمرین لرزاندن به طور مؤثری برای افزایش اجرای پرش عمودی (۱۰) و افزایش اجرای قدرتی (۷) استفاده شده، اما بسیاری از مربیان و پژوهشگران، بر این اعتقاد دارند که تمرین پلیومتریک یک روش منتخب و کارآمد برای بهبود توانایی پرش عمودی، توان عضله پا (۱۰)، بهبود قدرت بیشینه و قدرت بالیستیک است (۷). علاوه بر این، حرکات پلیومتریک، روش‌های تمرینی مورد استفاده ورزشکاران در انواع ورزش‌ها برای افزایش قدرت و حالت انفجاری هستند (۹).

تمرین پلیومتریک شکلی از تمرین توان و شامل انقباض برون‌گرا و به دنبال آن انقباض درون‌گراست (چرخه کشش-کوتاه شدن شدید) (۳۲) و به منظور افزایش اجرای عصبی-عضلانی طراحی شده است (۷). این تمرین شامل اعمال کشش-کوتاه شدن شدید در مجموعه عضله-تاندون و نوعاً شامل تولید نیروهای عضلانی برون‌گرایی زیاد است و بزرگی باردهی بیشینه عضله (گشتاور خالص مفصل) به طور چشمگیری مشابه بارهایی است که در خلال حرکات تمرین قدرتی با مقاومت زیاد متداول دیده شده است. در نتیجه، تمرین پلیومتریک ممکن است حداقل هنگام اجرا توسط آزمودنی‌های از قبل تمرین نکرده، به هاپپرتروفی عضله منجر شود (۳۰). حرکات پلیومتریک بخشی طبیعی از بیشتر حرکات بوده و پریدن^۲، لی لی کردن^۳ و جست و خیز کردن^۴ است

1 - Coactivation

2 - Jumping

3 - Hopping

4 - Skipping

(مانند پرش ارتفاع، پرتاب کردن یا با پا زدن^۱) (۷، ۲۶). همچنین، تمرین پلیومتریک توانایی استفاده از مزایای کشسانی^۲ و عصبی چرخه کشش-کوتاه‌شدن را افزایش می‌دهد (۱۵). حرکات پلیومتریک به منظور بهبود برون‌داد توان و افزایش حالت انفجاری به وسیله تمرین دادن عضلات برای انجام کار بیشتر در زمان کوتاه‌تر به کار می‌روند (۲۶).

اعتقاد بر این است که اثر تمرین پلیومتریک به وسیله سازگاری‌های عصبی در به کارگیری واحد حرکتی یا تواتر ره‌ایش عصبی، افزایش پتانسیل‌سازی بازتابی و یا تغییرات در ویژگی‌های الاستیکی عضله و بافت پیوندی به وجود می‌آید (۱۹). از لحاظ نظری، مزیت تمرین پلیومتریک به سازگاری‌های سیستم عصبی مرکزی و عضلانی باز می‌گردد (۳۲).

تأثیر تمرین پلیومتریک بر افزایش اجرا سال‌ها مطالعه شده است. پیشینه پژوهش دامنه وسیعی از ارزیابی‌ها شامل تأثیر حرکات پلیومتریک بر ورزشکاران و غیرورزشکاران، بر اجرای هوازی و اندازه تار عضله، همچنین کارایی آن به عنوان برنامه تمرینی خوداتکا یا بخشی از برنامه ترکیبی به همراه تمرین هوازی، تمرین مقاومتی یا تحریک الکتریکی را در بر می‌گیرد (۲۶).

چند پژوهشگر پیشنهاد کرده‌اند که تمرین پلیومتریک نیازمند توانایی تکنیکی مناسب و سطوح کافی قدرت عضله و هماهنگی مفصلی است (۷). با این حال، ویلسون و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کرده‌اند که بهبود در اجرا ناشی از تمرین پلیومتریک بوسیله سطح اولیه قدرت تعیین نمی‌شود. در این راستا، نتایج تحلیلی، تأثیر اندازه متفاوت کم اما غیرمعناداری را برای آزمودنی‌های باتجربه‌تر و با سطوح آمادگی خوب یا عالی در مقایسه با آزمودنی‌های کم‌تجربه و با آمادگی ضعیف نشان داد (۷).

در مقابل، پیشنهادهایی وجود دارد مبنی بر اینکه تمرین با وزنه پیش‌نیازی برای تمرین پلیومتریک است. این پیشنهادها عبارتند از: اجرای تمرین پلیومتریک بعد از یک دوره ویژه آمادگی مانند ۶-۴ هفته تمرین با وزنه، بعد از چند هفته یا چند ماه تمرین سرعتی و مقاومتی، بعد از توسعه پایه‌ای از قدرت یا بعد از کسب تجربه در تمرین

1 -Kicking

2 - Elastic

پایه پریدن و تمرین با وزنه (۳۶). به هر حال، نتایج دو بررسی مذکور (۷، ۳۶) در زمینه ضرورت تمرین مقاومتی قبل از اجرای تمرینات پلیومتریک متفاوت است.

فرضیه پژوهش حاضر این است که دست کم در برخی رشته‌های ورزشی (مانند والیبال، بسکتبال، هندبال و ...) برای دوره‌های کوتاه‌مدت افزایش توان و چابکی از طریق تمرینات پلیومتریک، احتمالاً تمرین قدرتی پیش‌نیاز تمرین پلیومتریک نیست، از این رو این تحقیق برای مقایسه سازگاری‌های کوتاه‌مدت (۸ هفته) در فعالیت عصبی عضله پهن جانبی، قدرت، توان، چابکی و سرعت دویدن به تمرین پلیومتریک و ترکیبی از تمرین مقاومتی (۴ هفته) و پلیومتریک (۴ هفته) طراحی شد.

روش تحقیق

آزمودنی‌ها

چهارده آزمودنی مرد سالم غیرورزشکار که سابقه تمرین قدرتی در اندام‌های پایینی و تجربه تمرین پلیومتریک و انجام ورزش‌هایی که دربرگیرنده درجه زیادی از الگوهای کشش-کوتاه شدن است را نداشتند، در این پژوهش شرکت داده شدند. جامعه آماری، افراد ۱۹ تا ۲۳ ساله شهر خرم‌آباد بودند که به صورت داوطلبانه انتخاب شدند. آزمودنی‌ها به صورت تصادفی به دو گروه تقسیم و ۸ هفته تمرین پلیومتریک (گروه اول - پلیومتریک) و ترکیبی از تمرین مقاومتی و پلیومتریک (گروه دوم - ترکیبی) به صورت پیشرونده با کنترل دقیق را اجرا کردند. سازگاری عصبی به وسیله الکترومیوگرافی سطحی بررسی شد و تعدادی از آزمون‌های عملکردی برای ارزیابی توان، قدرت، چابکی و سرعت اجرا شدند.

هیچ یک از آزمودنی‌ها تمرین مقاومتی و پلیومتریک را شش ماه قبل از شرکت در تحقیق انجام نداده بودند. آزمودنی‌ها از اهداف و خطرهای احتمالی پژوهش مطلع شدند و رضایت‌نامه کتبی امضا کردند. کمیته اخلاق دانشگاه تربیت مدرس و دفتر حقوقی بیمارستان شهدای عشایر خرم‌آباد تحقیق را تأیید کردند. ویژگی‌های آزمودنی‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. گروه‌ها از نظر سن، وزن و قد اختلاف معناداری نداشتند.

جدول ۱- ویژگی‌های آزمودنی‌ها

| ویژگی گروه | سن (سال) | قد (سانتی‌متر) | وزن (کیلوگرم) |
|---------------|--------------|----------------|---------------|
| گروه اول | ۲۰/۸۶ ± ۱/۸۶ | ۱۷۹/۲۹ ± ۴/۲۳ | ۷۴/۵۷ ± ۶/۲۴ |
| گروه دوم | ۲۱/۴۳ ± ۱/۷۲ | ۱۸۱/۷۱ ± ۶/۴۲ | ۷۶/۱۴ ± ۸/۴۷ |

طرح تجربی و برنامه تمرینی

قبل و بعد از ۸ هفته تمرین، همه آزمودنی‌ها الکترومیوگرافی سطحی از عضله پهن جانبی، آزمون‌های قدرت، توان، چابکی و سرعت را در سه روز متوالی به منظور بازگشت به حالت اولیه انجام دادند. هر دو گروه تمرینی سه بار در هفته در روزهای غیرمتوالی^۱ (شنبه، دوشنبه و چهارشنبه) به مدت هشت هفته به طور دقیق و در شرایط کنترل شده تمرین کردند. قبل از هر جلسه تمرینی، آزمودنی‌ها در یک دوره گرم کردن ۱۰ دقیقه‌ای شامل دویدن آرام، پرش‌های کوتاه با دوپا و کشش فعال شرکت کردند و در خلال دوره بعد از تمرین ۵ دقیقه دویدن آرام و حرکات کششی غیرفعال را به منظور بازگشت به حالت اولیه سریع‌تر انجام دادند.

تمرین مقاومتی: پروتکل تمرین مقاومتی سنتی با هدف افزایش قدرت و توان عضلانی، چابکی و سرعت دویدن بود. پروتکل تمرین مقاومتی به صورت ۶ دور با ۳ تکرار برای حرکت اسکات پا با وزنه‌های آزاد انجام گرفت. برای جلوگیری از کاهش حجم تمرین، آزمودنی‌ها ۵ دور اول را با ۹۰ درصد ۳ تکرار بیشینه و دور آخر را تا واماندگی انجام دادند (۳). اصل اضافه بار پیشرونده به این صورت بود که آزمودنی‌ها همزمان با افزایش قدرت عضلانی، مقدار وزنه را افزایش می‌دادند. فاصله استراحت بین دورها ۴-۵ دقیقه بود.

1 - Nonconsecutive

جدول ۲ - برنامه تمرینی گروه ترکیبی

| زمان | حرکت | دور | تکرار | فاصله استراحت |
|------------|--------------------|-----|-------|---------------|
| ۴ هفته اول | اسکات با هالتر | ۶ | ۳ | ۴-۵ دقیقه |
| ۴ هفته دوم | پرش واکنشی با جعبه | ۶ | ۱۰ | ۵-۷ دقیقه |

تمرین پلیومتریک: در پروتکل تمرین پلیومتریک حرکت پرش واکنشی با جعبه^۱ (پرش سقوطی و بلافاصله پرش عمودی) بصورت ۶ دور با ۱۰ تکرار انجام گرفت. حرکت به این صورت بود که آزمودنی‌ها ابتدا از روی جعبه‌ای بر روی زمین فرود می‌آمدند، سپس پرش انفجاری به سمت بالا و روی جعبه دیگر را انجام می‌دادند (۳۴). در واقع، تمرین شامل فرود از یک جعبه و سپس پرش به طور عمودی با سرعت و تا ارتفاع ممکن بود (۲، ۲۳). حرکات پلیومتریک، حرکات انفجاری و شامل حرکات با افزودن وزنه^۲ و بدون وزنه^۳ اضافی هستند (۱). در این پژوهش از حرکت بدون وزنه^۳ اضافی یعنی تنها وزن بدن ورزشکار، استفاده شد.

ارتفاع دو جعبه یکسان بود. برای تعیین ارتفاع جعبه، در یک مطالعه آزمایشی، ابتدا آزمودنی‌ها از سکوی ۵۰ سانتی‌متری شروع به تمرین کردند و ارتفاع جعبه تا جایی که آزمودنی می‌توانست پروتکل (۱۰*۶) را انجام دهد، افزایش می‌یافت. اصل اضافه بار در تمرینات از طریق افزایش ارتفاع جعبه صورت می‌گرفت، به این صورت که با افزایش توان عضلات پا ارتفاع جعبه متناسب با آن افزایش می‌یافت. در تمرین پلیومتریک فاصله استراحت بین دورها ۵-۷ دقیقه و فاصله استراحت بین تکرارها ۴-۵ ثانیه بود. در گروه پلیومتریک به منظور کاهش فشار تمرین در جلسات نهم و هجدهم و در گروه ترکیبی در جلسه نهم تمرین پلیومتریک، ارتفاع جعبه به ۷۵ درصد جلسه قبل تقلیل یافت. فاصله بین دو جعبه متناسب با قد افراد تنظیم می‌شد.

جدول ۳ - برنامه تمرینی گروه پلیومتریک

| زمان | حرکت | دور | تکرار | فاصله استراحت |
|--------|--------------------|-----|-------|---------------|
| ۸ هفته | پرش واکنشی با جعبه | ۶ | ۱۰ | ۵-۷ دقیقه |

1 - Reactive Box Jumps

2 - weighted

3 - unweighted

شیوه‌های اندازه‌گیری

قدرت و توان عضله

قدرت و توان عضله در دو روز متوالی اندازه‌گیری شد. در روز اول، آزمون اندازه‌گیری قدرت (یک تکرار بیشینه حرکت اسکات پا) به وسیله وزنه‌های آزاد انجام گرفت (۱۴). قبل از آزمون، آزمودنی‌ها از طریق کشش فعال خود را گرم کردند. برای اندازه‌گیری توان از سه آزمون سارجنت (۱۵)، پرش جفت و بوسکو (Ergo Jump Test, Satrap Company, Iran) در روز بعد از اندازه‌گیری قدرت استفاده شد. ابتدا آزمودنی‌ها از طریق روش‌های کشش فعال خود را گرم کردند، سپس آزمون سارجنت و بعد از ۵ دقیقه استراحت آزمون پرش جفت را اجرا کردند. آزمودنی‌ها بعد از این آزمون، ۱۰ دقیقه استراحت کردند و سپس آزمون ۵ ثانیه‌ای بوسکو (CJ₅)^۱ و به فاصله ۱۰ دقیقه بعد آزمون ۶۰ ثانیه‌ای بوسکو (CJ₆₀) را انجام دادند. در آزمون بوسکو، به آزمودنی‌ها گفته می‌شد تا حد ممکن، توالی‌های مداوم پرش را بدون وقفه به مدت ۵ یا ۶۰ ثانیه اجرا کنند. هدف از این آزمون ارزیابی ظرفیت دستگاه‌های متابولیکی و عصبی - عضلانی است که فعالیت عضله در خلال تلاش با شدت زیاد^۲ را حفظ می‌کند (۱۸).

چابکی و سرعت

برای اندازه‌گیری چابکی از آزمون مانع شش ضلعی استفاده شد. هدف از این آزمون اندازه‌گیری چابکی در جابه‌جایی است. ابتدا آزمودنی در مرکز شش ضلعی قرار می‌گرفت و با پرش جفتی به بیرون هر ضلع و برگشت به نقطه مرکز در جهت عقربه‌های ساعت، محیط شش ضلعی را سه بار طی می‌کرد. این عمل دو بار اجرا و زمان با دقت ۰/۰۱ ثانیه ثبت می‌شد و در نهایت میانگین دو زمان اجرا، محاسبه می‌شد. برای اندازه‌گیری سرعت از آزمون دو سرعت ۳۵ متر استفاده شد. دلیل انتخاب این آزمون این بود که در بین آزمون‌های سرعت اعتبار بیشتری دارد. از آزمودنی خواسته می‌شد سه بار آزمون را تکرار کند؛ سریع‌ترین سرعت (کمترین زمان) برای مقایسه پیش‌آزمون و پس‌آزمون استفاده شد (۲۴).

1 - Continuous jump

2 - High-intensity effort

فعالیت عصبی عضله SEMG

بعد از آماده کردن دقیق پوست (تراشیدن مو، سایش و تمیز کردن با الکل) (۲۷)، دو الکتروود سطحی به فاصله ۲ سانتی‌متر از همدیگر بر روی عضله پهن جانبی (VL) پای برتر قرار داده شد. الکتروود مرجع^۱ بر روی تاندون عضله پهن جانبی، الکتروود فعال^۲ بر روی نقطه دیستانال^۳ عضله پهن جانبی و الکتروود گراند^۴ بر روی عضله درشت نی قدامی قرار داده شد. از آزمودنی خواسته شد در حالت درازکش عضله چهار سر ران را در حالت ایزومتریک (۲۷) به صورت بیشینه منقبض کند. فعالیت عصبی عضله هنگام انقباض ایزومتریک بیشینه بصورت میکرو ولت ثبت می‌شد. فعالیت EMG به وسیله دستگاه (E B Neuro system, Italy) پردازش شد.

روش‌های آماری

نتایج آزمون کلموگروف-اسمیرنوف نشان داد که داده‌ها از توزیع طبیعی برخوردارند، بنابراین برای تجزیه و تحلیل آنها از آزمون‌های پارامتریک استفاده شد. برای بررسی اختلاف پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هر گروه از آزمون T زوجی و برای بررسی اختلافات احتمالی بین دو گروه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون از آزمون T مستقل استفاده شد. برای بررسی اینکه کدام پروتکل تمرینی (پلیومتریک یا ترکیبی) تغییر بیشتری ایجاد کرده، از درصد تغییرات نسبت به پیش‌آزمون استفاده شد. اختلاف معنادار آماری نیز در سطح $P \leq 0.05$ تعیین شد.

نتایج و یافته‌های تحقیق

نتایج پیش‌آزمون و پس‌آزمون و درصد تغییرات به تفکیک گروه‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است. هر دو گروه در پیش‌آزمون اختلاف معناداری نداشتند ($p \geq 0.05$)، اما در آزمون‌های پرش جفت ($p \leq 0.023$) و چابکی ($p \leq 0.015$) در پس‌آزمون اختلاف معناداری بین گروه پلیومتریک و ترکیبی مشاهده شد.

1 - Reference electrode

2 - Active electrode

3 - Distal point

4 - Grand

الکترومیوگرافی: میزان فعالیت عصبی عضله پهن جانبی در پیش‌آزمون و پس‌آزمون برحسب میکروولت ثبت شد. این مقدار در هر دو گروه افزایش یافت، اما تنها در گروه ترکیبی معنادار بود (گروه پلیومتریک $P \leq 0/11$ و گروه ترکیبی $P \leq 0/05$). مقدار تغییرات در گروه پلیومتریک $30/27$ درصد و در گروه ترکیبی $43/78$ درصد بود. داده‌ها اوج دامنه EMG در خلال کل دوره انقباض (۶۲ میلی ثانیه) را نشان می‌دهند.

قدرت: قدرت عضلات چهار سر ران (یک تکرار بیشینه اسکات پا) به وسیله وزنه‌های آزاد اندازه‌گیری شد. در مقایسه نتایج پیش‌آزمون و پس‌آزمون قدرت در هر دو گروه افزایش نشان داد ($P \leq 0/001$). مقدار تغییرات در گروه پلیومتریک $15/73$ درصد و در گروه ترکیبی $19/86$ درصد بود.

توان: برای اندازه‌گیری توان از آزمون‌های سارجنت، پرش جفت و بوسکو (۵ و ۶۰ ثانیه‌ای) استفاده شد. هر دو گروه در آزمون‌های سارجنت ($P1 \leq 0/001$ و $P2 \leq 0/001$)، پرش جفت ($P1 \leq 0/001$ و $P2 \leq 0/20$)، $CJ5$ ($P1 \leq 0/001$ و $P2 \leq 0/001$) و $CJ60$ ($P1 \leq 0/001$ و $P2 \leq 0/006$)، پیشرفت داشتند، اما درصد تغییرات در گروه پلیومتریک بیشتر از گروه ترکیبی بود. در بین آزمون‌های توان بیشترین پیشرفت در آزمون پرش سارجنت (درصد تغییرات در گروه پلیومتریک $24/51$ درصد و در گروه ترکیبی $11/24$ درصد) مشاهده شد.

چابکی: برای ارزیابی چابکی آزمودنی‌ها از آزمون شش‌ضلعی استفاده شد. هر دو گروه در این آزمون کاهش معناداری را نشان دادند ($P \leq 0/001$). درصد تغییرات در گروه پلیومتریک $21/62$ درصد و در گروه ترکیبی $16/98$ درصد بود.

سرعت: برای ارزیابی سرعت از آزمون دو 35 متر استفاده شد. در آزمون سرعت هر دو گروه کاهش نشان دادند ($P \leq 0/01$). درصد تغییرات در گروه پلیومتریک $2/63$ درصد و در گروه ترکیبی $1/18$ درصد بود.

جدول ۴- داده‌های توصیفی قبل و بعد از تمرین و سطح معناداری (میانگین و انحراف معیار)

| متغیر | گروه | پیش‌آزمون | پس‌آزمون | درصد تغییرات | سطح معناداری |
|--------------------------|-----------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| EMG (میکرو ولت) | پلیومتریک | ۵۸۲±۱۷۴/۴۲ | ۷۵۸/۱۷±۳۰۵/۹۹ | ۳۰/۲۷ | p≤۰/۱۱ |
| ترکیبی | پلیومتریک | ۴۱۴/۶۴±۱۰۴/۰۱ | ۵۹۶/۱۷±۲۰۷/۷۲ | ۴۳/۷۸ | p≤۰/۰۵ |
| قدرت (IRM) (کیلوگرم) | پلیومتریک | ۹۹/۸۶±۱۴/۷ | ۱۱۵/۵۷±۱۱/۷۳ | ۱۵/۷۳ | p≤۰/۰۰۱ |
| ترکیبی | پلیومتریک | ۱۰۰/۲۹±۲۳/۵۴ | ۱۲۰/۲۱±۲۵/۹ | ۱۹/۸۶ | p≤۰/۰۰۱ |
| سارجنت (سانتی‌متر) | پلیومتریک | ۵۰/۷۱±۴/۶۸ | ۶۳/۱۴±۸/۹۹ | ۲۴/۵۱ | p≤۰/۰۰۱ |
| ترکیبی | پلیومتریک | ۴۹/۵۷±۱۰/۹ | ۵۵/۱۴±۸/۹۳ | ۱۱/۲۴ | p≤۰/۰۰۱ |
| CJ ₅ (ثانیه) | پلیومتریک | ۴۰/۷۱±۶/۱۸ | ۴۷/۱۴±۵/۸۷ | ۱۵/۷۹ | p≤۰/۰۰۱ |
| ترکیبی | پلیومتریک | ۴۲/۴۳±۹/۵ | ۴۶/۷۱±۸/۲۶ | ۱۰/۰۹ | p≤۰/۰۰۱ |
| CJ ₆₀ (ثانیه) | پلیومتریک | ۳۰/۵۷±۳/۹۵ | ۳۴/۵۷±۳/۱ | ۱۳/۰۸ | p≤۰/۰۰۱ |
| ترکیبی | پلیومتریک | ۳۰/۴۳±۸/۷۲ | ۳۲/۵۷±۸/۵ | ۷/۰۳ | p≤۰/۰۰۶ |
| پرش جفت (سانتی‌متر) | پلیومتریک | ۲۴۳/۵۷±۱۶/۰۹ | ۲۶۹/۸۶±۱۲/۰۵ | ۱۰/۷۹ | p≤۰/۰۰۱ |
| ترکیبی | پلیومتریک | ۲۲۱/۱۴±۴۲/۵۷ | ۲۳۷/۵۷±۳۹/۵۹ | ۷/۴۳ | p≤۰/۲۰ |
| چابکی (ثانیه) | پلیومتریک | ۱۳/۳۷±۰/۹۸ | ۱۰/۴۸±۰/۵۷ | -۲۱/۶۲ | p≤۰/۰۰۱ |
| ترکیبی | پلیومتریک | ۱۵/۲۵±۳/۶۵ | ۱۲/۶۶±۱/۷۳ | -۱۶/۹۸ | p≤۰/۰۰۱ |
| دو سرعت (ثانیه) | پلیومتریک | ۴/۹۵±۰/۲ | ۴/۸۲±۰/۱۳ | -۲/۶۳ | p≤۰/۰۱ |
| ترکیبی | پلیومتریک | ۵/۰۷±۰/۴۶ | ۵/۰۱±۰/۴۵ | -۱/۱۸ | p≤۰/۰۱ |

بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر این فرضیه که ۸ هفته تمرین پلیومتریک نسبت به تمرین ترکیبی مقاومتی و پلیومتریک، ممکن است به بهبودهای بیشتری در آمادگی هدفمند منجر شود، آزمون شد. در نهایت مشاهده شد آزمودنی‌هایی که تمرین پلیومتریک شدید را انجام دادند، بهبودهای بیشتری در اجراهای توانی انفجاری و سرعتی داشتند و آزمودنی‌هایی که تمرین ترکیبی را انجام دادند، در اجرای قدرتی (یک تکرار بیشینه اسکات پا) و فعالیت عصبی عضله پهن جانبی (SEMG) بهبود بیشتری را نشان دادند. پروتکل تمرین پلیومتریک به کار برده شده در این تحقیق در نوع خود منحصر به فرد است، به این صورت که به دلیل ماهیتش همزمان به مقدار بیشتری اجرای انفجاری و به مقدار کمتری اجرای قدرتی را افزایش می‌دهد. حرکات پلیومتریک با سرعت زیاد که شامل عمل برونگرای سریع عضله به دنبال عمل درونگرای پر قدرت عضله است، برای افزایش میزان توسعه

نیرو در خلال پریدن و اجرای سرعتی مهم هستند، در صورتی که تمرین مقاومتی سنگین برای افزایش قدرت عضلانی و شتاب مورد نیاز است (۱۰).

حرکات پلیومتریک، شکل رایج تمرینی برای بهبود اجرای پرش عمودی و توان بی‌هوازی است. به هر حال، کمتر دربارهٔ به کارایی مدت‌های تمرینی متفاوت بر این پارامترها بحث شده است (۲۶). در پژوهش حاضر آزمودنی‌های گروه پلیومتریک به طور معناداری بهبودهای بیشتری در پرش جفت نسبت به گروه ترکیبی نشان دادند (به ترتیب ۱۰/۷۹ درصد در برابر ۷/۴۳ درصد). تمرین پلیومتریک همچنین به بهبودهای بیشتری در پرش عمودی، CJ₅ و CJ₆₀ منجر شد. این یافته‌ها ممکن است به دلیل ماهیت برنامهٔ تمرین پلیومتریک پژوهش حاضر باشد. مربیان و پژوهشگران در زمینهٔ تمرین مقاومتی تلاش می‌کنند تا مناسب‌ترین محرک تمرینی را شناسایی کنند افزایش اجرای توانی مانند پرش عمودی یا شتاب بیشینه شود. به علت درجهٔ نسبتاً زیاد ویژگی تکلیف درگیر در سازگاری حرکتی و ویژگی‌های نیرو - سرعت، تمرین بالیستیک، تمرین پلیومتریک و تمرین بلند کردن وزنه به سبک المپیک، به افزایش‌های معناداری در پرش عمودی منجر شده است (۱۲). گاران مارکوویچ و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی تاثیر ۱۰ هفته تمرین سرعتی و پلیومتریک به طور جداگانه دریافتند که در مقایسه با گروه کنترل، پرش جفت به ترتیب ۳/۲ و ۲/۸ درصد افزایش یافته و اختلاف معناداری در اثرات تمرینی برای پرش جفت بین گروه‌ها مشاهده نشده است (۱۱). جان شاجی و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر چهار هفته تمرین کشش پویا، تمرین پلیومتریک و ترکیبی از آنها را بر روی بازیکنان بسکتبال بررسی کردند و دریافتند که پرش عمودی در هر سه گروه افزایش پیدا کرده و درصد افزایش در گروه ترکیبی (۱۶/۱ درصد) بیشتر از گروه‌های دیگر بوده است. در بین آزمون‌های ویژهٔ توان، آزمون پرش سارجنت بیشترین افزایش را نشان داد (گروه پلیومتریک ۲۴/۵۱ درصد و گروه ترکیبی ۱۱/۲۴ درصد) ترتیب افزایش در آزمون‌های ویژه توان به صورت زیر بود: آزمون پرش سارجنت، آزمون ۵ ثانیه ای بوسکو، آزمون ۶۰ ثانیه ای بوسکو و آزمون پرش جفت. چون آزمودنی‌ها در هر دو گروه تکرارها را با فاصله چند ثانیه (تقریباً ۴ ثانیه) انجام می‌دادند، احتمالاً افزایش بیشتر در آزمون پرش سارجنت به دلیل شباهت شکل تمرین پلیومتریک و ترکیبی هر دو، با این آزمون است. پرش متوالی (CJ) ظرفیت هر دو سیستم عصبی-عضلانی و متابولیکی ورزشکار برای حفظ توان بیشینه برای یک دورهٔ زمانی مشخص را ارزیابی می‌کند (۱۸). به هر حال، تمرین‌های اجرا شده توسط هر دو گروه، سیستم‌های عصبی-

عضلانی و متابولیکی را تقویت می‌کند. تعداد پرش‌ها در آزمون CJ₅ و CJ₆₀ به‌طور میانگین به ترتیب ۷ و ۸۵ پرش و در تمرین پلیومتریک تعداد تکرارها در هر دور ۱۰ تکرار بود. بنابراین افزایش بیشتر در آزمون CJ₅ نسبت به CJ₆₀ به علت شباهت بیشتر تکرارها آزمون GJ₅ با روش تمرینی است.

حرکت پلیومتریک در پایین تنه دارای دو جزء عمودی و افقی است (۲، ۸) و در حرکت پلیومتریک پروتکل حاضر بیشتر بر جزء عمودی تأکید شده بود. در نتیجه درصد تغییرات در آزمون‌های پرش عمودی (۲۴/۵۱) و (۱۱/۲۴)، CJ₅ (۱۵/۷۹ و ۱۰/۰۹) و CJ₆₀ (۱۳/۰۸ و ۷/۰۳) (جزء عمودی) بیشتر از پرش جفت (۱۰/۷۹) و (۴/۴۶) (جزء افقی) بود. ورزشکارانی مانند دوندگان سرعت که نیازمند توان برای حرکت دادن بدن در صفحه افقی هستند، در حرکات پلیومتریک زمینی^۱ (جست‌وخیز کردن) درگیرند، در صورتی‌که ورزشکارانی مانند پرش-کنندگان ارتفاع و بازیکنان والیبال که نیازمند اعمال توان در جهت عمودی هستند، تمرینات پرش عمودی را بکار می‌گیرند (۸). این پیشنهاد با یافته‌هایی موافق است که بهبودهای معناداری را در اجرای پرش عمودی در جوانانی که به‌طور منظم پرش‌های پلیومتریک عمقی را اجرا کردند که (شامل فرود از جعبه و سپس پرش عمودی با سرعت و تا ارتفاع ممکن همخوانی دارد (۲). ماتاوالج و همکاران (۲۰۰۱) دریافتند که تمرین پلیومتریک اجرای پرش در نوجوانان بسکتبالیست را افزایش می‌دهد. بهبود در آزمون‌های توان و چابکی در نتیجه افزایش عملکرد عصبی-عضلانی و تحریک‌پذیری واحدهای حرکتی تندانقباض است (۱۵). تحقیقات انجام گرفته در زمینه تأثیر تمرین پلیومتریک، نشان داده‌اند که این شیوه تمرینی توان عضلات بازکننده پا و به مقدار کمتر، قدرت و اجرای حرکت دینامیک با توان زیاد به ویژه توانایی پرش عمودی را بهبود می‌بخشد (۱۰).

در پژوهش حاضر، آزمودنی‌های شرکت کننده در برنامه تمرینی پلیومتریک به‌طور معناداری بهبودهای بیشتری در آزمون چابکی نسبت به گروهی که تمرین ترکیبی انجام داده بودند، نشان دادند. تمرین پلیومتریک زمان اجرای آزمون چابکی (اندازه‌گیری شده به وسیله آزمون شش‌ضلعی) را ۲۱/۶۲ درصد و تمرین ترکیبی را ۱۶/۹۸ درصد کاهش داد. گاران مارکوویچ و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی تأثیر ۱۰ هفته تمرین سرعتی و پلیومتریک به‌طور جداگانه دریافتند که بهبود معنادار (۴/۳ درصد) در اجرای چابکی، (اندازه‌گیری شده به وسیله دو رفت و

برگشت ۲۰ یارد^۱ تنها در گروه سرعتی مشاهده شد و همچنین این بهبود به طور معناداری در مقایسه با گروه تمرین پلیومتریک بیشتر بود (۱۱). جان شاجی و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر ۴ هفته تمرین کشش پویا، تمرین پلیومتریک و ترکیبی از آنها را بر روی بازیکنان بسکتبال بررسی کردند و دریافتند که چابکی (اندازه‌گیری شده به وسیله آزمون T) در هر سه گروه افزایش پیدا کرده و درصد افزایش در گروه ترکیبی (۱۰/۶۷ درصد) بیشتر از گروه‌های دیگر بوده است.

در تحقیق حاضر آزمودنی‌های گروه پلیومتریک بهبودهای بیشتر و معناداری در آزمون دو سرعت ۳۵ متر در مقایسه با گروه ترکیبی نشان دادند. تمرین پلیومتریک زمان دو سرعت (اندازه‌گیری شده به وسیله دو سرعت ۳۵ متر) را ۲/۶۳ درصد و تمرین ترکیبی ۱/۱۸ درصد کاهش داد.

دو سرعت به درجات مختلفی در اجرای موفق در بسیاری از ورزش‌ها کمک می‌کند. اغلب رژیم‌های تمرینی مختلفی برای بهبود اجرای سرعتی بکار می‌رود که عبارتند از تمرین‌های سرعتی، تمرین با سرعت خیلی زیاد^۲، دو سرعت همراه با مقاومت خارجی، تمرین با وزنه و تمرینات پلیومتریک (۸). گزارش شده که تمرین پلیومتریک اجرای پرش و سرعت دویدن در پسران نوجوان (۴) و زنان ورزشکار (۲۴) را افزایش داده است. گاران مارکوویچ و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که ۱۰ هفته تمرین پلیومتریک در دانشجویان اجرای سرعتی (اندازه‌گیری شده به وسیله آزمون سرعت ۲۰ متر) را به طور غیرمعناداری کاهش داده است (۱۱). نتایج همچنین عدم بهبود در دو سرعت را در نتیجه برنامه‌های پلیومتریک گزارش کرده‌اند. به هر حال، نتایج تحقیقات اندک انجام گرفته در زمینه اثرات حرکات پلیومتریک بر اجرای دو سرعت متناقض است (۸). دلیل تناقض این نتایج احتمالاً ماهیت حرکات پلیومتریک است که اجزای عمودی و افقی متفاوتی داشته‌اند.

دو سرعت، مهارت حرکتی چند بُعدی شامل سه مرحله مختلف است: ۱- مرحله استارت اولیه، ۲- مرحله شتاب و ۳- مرحله سرعت دویدن پیشینه. مطالعات پیشنهاد می‌کنند که دو سرعت، حرکت بالیستیک پیچیده‌ای را نشان می‌دهد که نیازمند تولید نیروی درونگرا و چرخه کشش-کوتاه شدن انفجاری بیشتر عضلات بازکننده پا است. در مقایسه، پرش از نوع پلیومتریک نیازمند تولید نیروی انفجاری است، اما توده عضله فعال کمتری را که

1 - 20-yd shuttle run

2 - Overspeed

اغلب در رژیم چرخه کشش-کوتاه شدن عمل می‌کند، شامل می‌شود (۱۰). حرکات پلیومتریک با سرعت زیاد که شامل عمل برون‌نگرای سریع عضله و به‌دنبال آن عمل توانمند درون‌نگرای عضله است، برای توسعه نیرو در خلال پرش و دو سرعت اهمیت دارد، در صورتی که تمرین مقاومتی سنگین برای افزایش قدرت عضلانی و شتاب مورد نیاز است (۲).

در آزمون قدرت بیشینه (یک تکرار بیشینه اسکات پا) گروه ترکیبی بهبود بیشتری نسبت به گروه پلیومتریک نشان داد. آزمودنی‌های گروه ترکیبی ۱۹/۸۶ درصد و آزمودنی‌های گروه پلیومتریک ۱۵/۷۳ درصد بهبود در قدرت بیشینه (اندازه‌گیری شده به وسیله یک تکرار بیشینه حرکت اسکات) نشان دادند. شواهد زیادی نشان داده‌اند که برنامه تمرین مقاومتی (۱۹) یا برنامه تمرین پلیومتریک قدرت و توان بزرگسالان را افزایش می‌دهد (۲، ۱۵). در تحقیقات زیادی بهبودهایی در قدرت بیشینه از ۱۱ تا ۶۰ کیلوگرم به وسیله تمرین پلیومتریک (اجرای حرکاتی مثل *پرش سقوطی*^۱، *پرش با حرکت در جهت مخالف*^۲، *نشست و برخاست پرشی*^۳، پرش-های ترکیبی یا ترکیب تمرین با وزنه و پلیومتریک) مشاهده شده‌است می‌توان به افزایش هماهنگی نسبت داد و توانایی فرد برای افزایش سریع تنش عضله به *میزان توسعه نیرو*^۴ی بیشینه بیشتری منجر می‌شود (۷). در تأیید نتایج پژوهش‌های زیادی که نشان داده‌اند تمرین پلیومتریک روش تمرینی مؤثر برای بهبود اجرای قدرتی است (۷، ۳۰)، پروتکل تمرینی پژوهش حاضر نیز اجرای قدرتی را ۱۵/۷۳ درصد افزایش داد. تمرین پلیومتریک به دلیل اینکه شامل اعمال کشش-کوتاه شدن شدید در مجموعه عضله-تاندون و نوعاً شامل تولید نیروهای عضلانی برون‌نگرای زیاد است، ممکن است حداقل هنگام اجرا توسط آزمودنی‌های از قبل تمرین نکرده، به هایپرتروفی عضله منجر شود (۳۰). نشان داده شده هنگام ترکیب تمرین پلیومتریک با انواع دیگر حرکات (مثلاً پلیومتریک + تمرین با وزنه و پلیومتریک + تحریک الکتریکی)، بهبود در قدرت به‌طور معناداری بیشتر خواهد بود (۷). با وجود این، احتمالاً تمرین پلیومتریک همچنین از طریق ارتقای کارکرد عصبی قادر به بهبود قدرت است. ویلک و همکاران (۱۹۹۳) پیشنهاد کرده‌اند که بهبود اجرای عضلانی بعد از تمرین پلیومتریک به سازگاری‌های عصبی تا تغییرات ریخت‌شناسی نسبت داده می‌شود (۲۴). اصولاً عنوان شده که دلیل عمده به

1 - Drop Jump

2 - Countermovement jump

3 - Squat jump

4 - Rate of force development

کارگیری تمرین‌های پلیومتریک، نیاز به فعال کردن سریع‌تر واحدهای حرکتی بیشتر برای سازگاری عصبی بهتر است (۳۴).

در تحقیق حاضر آزمودنی‌های گروه پلیومتریک بهبودهای کمتری در فعالیت عصبی عضله پهن جانبی در مقایسه با گروه ترکیبی نشان دادند. تمرین پلیومتریک دامنه سیگنال EMG را ۳۰/۲۷ درصد و تمرین ترکیبی ۴۳/۷۸ درصد افزایش داد. به هر حال، تغییرات در دامنه سیگنال EMG تنها در گروه ترکیبی معنادار بود. معنادار نبودن افزایش دامنه سیگنال EMG در گروه پلیومتریک احتمالاً ممکن است به این دلیل تفاوت ماهیت تمرین پلیومتریک پژوهش حاضر (پویا یا انفجاری) با ماهیت روش اندازه‌گیری EMG (ایزومتریک) باشد. احتمالاً، اگر مطالعه EMG در پژوهش حاضر به صورت پویا انجام می‌گرفت، شاهد بهبود بیشتر در گروه پلیومتریک بودیم.

نتایج EMG تقریباً با نتایج قدرت بیشینه در دو گروه متناسب است، به این صورت که گروه ترکیبی در هر دو آزمون نتیجه بهتری را به دست آورد. چون SEMG در حالت ایزومتریک انجام گرفته، احتمالاً بیشتر نشان دهنده افزایش قدرت تا توان عضلات بازکننده پا است و به طور متناسب، پروتکل تمرینی گروه پلیومتریک در جهت افزایش توان و پروتکل تمرینی گروه ترکیبی بیشتر در جهت افزایش قدرت بوده است. پیراگارد (۲۰۰۲) در پژوهشی نشان داد که ۱۴ هفته تمرین قدرتی پیشرونده با مقاومت زیاد ۱۴۳-۲۲ درصد میانگین ولتاژ در مرحله اولیه انقباض (۲۰۰-۰ میلی ثانیه) را افزایش داد. حرکات اجرا شده شامل هاک پا، پرس پا شیبدار، باز کردن پاها به طور جداگانه، پشت پا با دستگاه و بالا آوردن ساق پا در حالت نشسته بود. در حالی که EMG در خلال انقباض ایزومتریک بیشینه ثبت شده بود. به طور مشابه، در پژوهش حاضر، حرکت تمرینی اسکات پا با دستگاه بود، اما دامنه EMG در خلال انقباض ایزومتریک بیشینه ثبت شد. به هر حال، در چند تحقیق افزایشی در فعالیت EMG با تمرین قدرتی مشاهده شد که حداقل تا حدودی ممکن است به علت تغییر ویژگی‌های پوست و بافت عضله باشد (تغییرات در لایه چربی زیرپوستی، زاویه پری شدن تار عضله) (۲۸).

تغییر در عملکرد عصبی با تمرین قدرتی به وسیله استفاده از الکترومیوگرافی عضله (EMG) ارزیابی شده است (۲۸، ۳۱). همچنین اخیراً اندازه‌های پاسخ‌های فراخوانده نورون حرکتی نخاع اندازه‌گیری می‌شود (۲۸). افزایش‌های همزمان در قدرت انقباضی بیشینه عضله و دامنه الکترومیوگرافی (EMG) در خلال انقباض

ایزومتریک، درونگرا و برونگرای بیشنه در پاسخ به تمرین مقاومتی مشاهده شده که نشان‌دهنده افزایش تحریک عصبی به تارهای عضله است (۲۸، ۲۹).

ظرفیت به‌کارگیری واحدهای حرکتی بسیار مهم است. در واقع، تارهای عضلانی که در خلال تمرین به‌کار گرفته نمی‌شوند، نمی‌توانند برای سازگاری تحریک شوند. به هر حال، به‌کارگیری واحدهای حرکتی نیز سازگاری به حرکات با نیروی زیاد^۱ یا سرعت زیاد^۲ مانند تمرین سرعتی است (۱۳). پروتکل تمرین پلیومتریک تحقیق حاضر همانند تمرین‌های سرعتی شامل حرکتی با نیروی بالا (ارتفاع زیاد جعبه) و سرعت زیاد (پرش با حداکثر سرعت) بود. در نتیجه از هر دو جزء سرعت و نیرو استفاده شده است و همین مسئله می‌تواند دلیلی بر بهبود نتایج EMG در پی تمرین پلیومتریک حاضر باشد. در مقابل، در حرکات تمرین مقاومتی سنتی فقط جزء نیروی بالا موجب سازگاری در واحدهای حرکتی می‌شود.

به‌طور خلاصه، نتایج تحقیق همسو با تحقیقات دیگر ممکن است نشان دهد هنگامی که آزمودنی‌ها می‌توانند حرکات پلیومتریک را با تکنیک کافی اجرا کنند، بهبودهای ناشی از تمرین مستقل از سطح آمادگی است و سطح قدرت اولیه تعیین‌کننده بهبود در اجرا نیست (۷). به هر حال، نتیجه گرفته می‌شود که اجرای پروتکل‌های مناسب (دارای تواتر، شدت، زمان و نوع حرکات پلیومتریک مناسب) و پیشرونده پلیومتریک برای افراد دارای تکنیک کافی و اهداف خاص، مناسب خواهد بود و با توجه به شیوه اجرای تمرین پلیومتریک آثار مثبت و معناداری بر اجرای توانی/انفجاری، چابکی و به مقدار کمتر اجرای قدرتی خواهد داشت و در این زمینه نیازی به ترکیب این تمرین (پلیومتریک) با تمرین قدرتی نیست.

بومپا (۲۰۰۰) و چو و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که تمرین پلیومتریک به‌تنهایی یک برنامه ورزشی نیست (۲). اما نتایج پژوهش حاضر که با نتایج مقاله مروری ادواردو سیز سیز دی ویلاریل (۲۰۱۰) (۷) و پیر. اگارد (۲۰۱۰) (۳۰) موافق و با نتایج مقاله مروری ویلیام پی. ایبن (۱۹۹۸) (۳۶) مغایر است، نشان می‌دهد که دست‌کم در برخی رشته‌های ورزشی که دارای جزء سرعتی بیشتر (بخش توان تا سرعت، شکل ۱) برونداد توان هستند، می‌توانند از برنامه تمرین پلیومتریک به‌تنهایی سود ببرند.

1 - High force

2 - High velocity



شکل ۱- منحنی سرعت-نیرو

توان، ترکیبی از نیرو و سرعت است (شکل ۱) و با افزایش مقاومت خارجی در اجرای حرکات سرعتی (بخش توان تا قدرت بیشینه، شکل ۱)، نقش قدرت در ایجاد توان چشمگیرتر می‌شود. بر همین اساس، در رشته‌های ورزشی که مقاومت خارجی کم یا حتی وجود ندارد (بخش توان تا سرعت، شکل ۱)، نقش سرعت در ایجاد توان چشمگیرتر است.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که احتمالاً در دوره‌های کوتاه‌مدت، تمرین پلیومتریک نسبت به تمرین ترکیبی اجرای توانی/انفجاری هدفمند را بیشتر بهبود می‌بخشد، همچنین احتمالاً تمرین با وزنه دست کم در برخی رشته‌های ورزشی پیش‌نیازی برای تمرین پلیومتریک نیست.

منابع و مأخذ

1. Alan P. Jung. (2003). "The Impact of Resistance Training on Distance Running Performance". *Sports Med*; 33 (7); PP:539-552.

2. Avery D. Faigenbaum, James E. Mcfarland. (2007). "Effects of a short-term plyometric and resistance training program on fitness performance in boys age 12 to 15 years". *Journal of sports Science and medicine*: 6; PP: 519-525.

3.C. Benson, D. Docherty, J. Brandenburg. (2006). "Acute neuromuscular responses to resistance training performed at different loads", *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9, PP: 135-142.

4.Chrispos Kotzamanidis, Dimitris Chatzopoulos et al. (2005). "The Effect of Combined High-Intensity Strength and Speed Training Program on the Running and Jumping Ability of Soccer Players". *Journal of Strength and Conditioning Research*; 19(2) PP: 369-375.

5.Daniel Baker and Robert U. Newton. (2005). "Acute effect on Power Output of Alternating an Agonist and Antagonist Muscle exercise during Complex training". *Journal of Strength and Conditioning Research*; 19(1) PP: 202-205.

6.Dongmei Liu and Maureen A Sartor. (2010). "Skeletal muscle gene expression in response to resistance exercise: sex specific regulation". *BMC Genomics*, 11:659, pp: 1-14.

7.Eduardo Sáez-Sáez de Villarreal, Bernardo Requena, Robert U. Newton. (2010). "Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis". *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13, PP: 513-522.

8.Edvin Rimmer and Gordon Sleivert. (2000). "Effects of a Plyometrics Intervention Program on sprint Performance". *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(3) PP: 295-301.

9.Eric J. Drinkwater, Tyson Lane, and Jack Cannon. (2009). "Effect of an Acute Bout of lyometric exercises On Neuromuscular Fatigue and Recovery in Recreational Athletes". *Journal of Strength and Conditioning Research*; 23(4). PP: 1181-1186.

10. Goran Markovic. (2007). "Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review". *Br J Sports Med*; 41, PP: 349–355.
11. Goran Markovic, Igoe Jukic et al. (2007). "Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance". *Journal of Strength and conditioning research*, 21(2); PP:543-549.
12. J. A. Herrero and M. Izquierdo. (2005). "Electromyostimulation and Plyometric Training Effects on Jumping and Sprint Time". *Int J Sports Med*, pp: 533-539.
13. Jacob Wilson. (2007). "the Ultimate Scientific Guide to Neural Adaptations to Exercise: A Practical Approach". *Journal of HYPERPLASIA Research*; 7(1) PP: 1-15.
14. Jeff S. Volek, Nicholas A. Ratamess, Martyn R. Rubin, Ana L. Gómez, Duncan N. French et al. (2004). "The effects of creatine supplementation on muscular performance and body composition responses to short-term resistance training overreaching". *European Journal of Applied Physiology*, Volume 91, Numbers 5-6, PP: 628-637.
15. John Cronin, Peter J McNair, Robert N Marshall. (2001). "Velocity Specificity, and Combination training and Sport Specific Tasks". *Journal of Science and Medicine in Sport*; 4(2) PP: 168-178.
16. John Shaji and Saluja Isha. (2009). "Comparative Analysis of Plyometric training Program and Dynamic Stretching on vertical Jump and Agility in Male Collegiate Basketball Player". *Al Ameen J Med Sci*; 2(1) PP: 36-46.
17. Jonas Bergstrom. (1975). "Percutaneous Needle Biopsy of Skeletal Muscle in Physiological and Clinical Research". *Scand. J. Clin. Lab. Invest*; 35, PP: 609-616.

18. Juliano Dal Pupo, Francimara Budal Arins. (2010). "Neuromuscular indices associated with 200- and 400-m sprint running performance". *Motriz, Rio Claro*, v.16 n.2 pp;395-401.

19. Kristian Vissing, Mads Brink and Simon Lonbro. (2008). "Muscle Adaptations To Plyometric vs. Resistance Training In Untrained Young Men". *Journal of Strength and Conditioning Research*; 22(6) PP: 1799-1810.

20. Michael Lee and Timothy J. Carroll. (2007). "Cross Education: Possible Mechanisms for the Contralateral Effects of Unilateral Resistance Training". *Sports Med*; 37 (1) PP: 1-14.

21. Michiya Tanimoto and Naokata Ishii. (2006). "Effects of low-intensity resistance exercise with slow movement and tonic force generation on muscular function in young men". *J Appl Physiol*; 100, PP: 1150-1157.

22. Miguel Fernandez del Olmo, Pedro Reimunde, Oscar Viana, Rafael Martin Acero, Javier Cudeiro. (2006). "Chronic neural adaptation induced by long-term resistance training in humans". *Eur J Appl Physiol*; 96, PP: 722-728.

23. Nathalie Koulmann, Andre-Xavier Bigard. (2006). "Interaction between signaling pathways involved in skeletal muscle responses to endurance exercise". *Eur J physio*; 452, PP: 125-139.

24. Nicole J. Chimera, Kathleen A. Swanik, C. Buz Swanik and Stephen J. Straub. (2004). "Effects of Plyometric Training on Muscle-Activation Strategies and Performance in Female Athletes". *Journal of Athletic Training*; 39(1) PP: 24-31.

25. Niklas Psilander, Rasmus Damsgaard, and Henriette Pilegaard. (2003). "Resistance exercise alters MRF and IGF-I mRNA content in human skeletal muscle". *J Appl Physiol*; 95, PP: 1038-1044.

26. PAUL E. LUEBBERS and JEFFREY A. POTTEIGER. (2003). "Effects of Plyometric Training and Recovery on Vertical Jump Performance and Anaerobic Power". *Journal of Strength and Conditioning Research*; 17(4), pp; 704–709.
27. Per. Aagaard, Erik B. Simonsen, et al. (2002). "Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training". *J Appl Physiol*; 93: pp: 1318–1326.
28. Per. Aagaard, Mayer F. (2007). "Neuronal adaptations to strength training". *Jahrgang*, 58, Nr. 2.
29. Per. Aagaard. (2004). "Making muscles "stronger": Exercise, nutrition, drugs" *J Musculoskel Neuron Interact*; 4(2) PP: 165-174.
30. Per Aagaard. (2010). "The Use of Eccentric Strength Training to Enhance Maximal Muscle Strength, Explosive Force (RDF) and Muscular Power - Consequences for Athletic Performance". *The Open Sports Sciences Journal*, 3, 52-55.
31. Per Aagaard. (2003). "Training-Induced Changes in Neural Function". *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 0091-6631/3102, PP: 61–67.
32. Per-Olof Astrand. (1986). "Textbook of Work Physiology, Physiological Basis of exercise". 3th. McGraw-Hill series in health education, physical education, and recreation.
33. Stephen D. R. Harridge. (2007). "Plasticity of human skeletal muscle: gene expression to in vivo function". *Exp Physiol*; 92.5 pp 783–797.
34. Tudor O. Bompa. (1993). *Periodization Training for sports, Programs for peak strength in 35 sports*. 1th. Ed. Human Kinetics, USA.
35. William J. Kraemer and Barry A. Spiering. (2006). "Skeletal Muscle Physiology: Plasticity and Responses to Exercise". *Horm Res*; 66(suppl 1):2–16.

36. William p. Ebben and Phillip B. Watts. (1998). "A Review of Combined Weight Training and Plyometric Training Modes: Complex Training". *Journal of Strength and Conditioning Research*; PP: 18-27.