فیزیولوژی ورزشی **شماره ۳۱، پاییز ۱۳۹۵. صص ۶۲-۴۵**

تأثیر شش هفته تمرین پلایومتریک با زمانبندی غیرخطی بر تغییرات هورمونی، هایپرتروفی عضلانی و خاصیت ارتجاعی عضلات پای مردان ورزشکار
(زمانبندی غیرخطی تمرین پلایومتریک و تغییرات هورمونی)

کاظم خدائی[۱]، محمدرضا حامدی‌نیا [۲]، سیدعلیرضا حسینی کاخک[۳]، محسن دماوندی [۴]

۱. استادیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه*
۲. استاد گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکدهٔ تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری
۳. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکدهٔ تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری
۴. استادیار گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکدهٔ تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۲۲ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۰۱**

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر زمانبندی‌های مختلف تمرین پلایومتریک بر تغییرات هورمونی، هایپرتروفی عضلانی و خاصیت ارتجاعی عضلات پا می‌باشد. بدین‌منظور، ۳۶ ورزشکار مرد (با میانگین سنی ۲۱/۵۸±۲/۶۴ سال، قد ۱۷۴/۴۲±۶/۰۱ سانتی‌متر و وزن ۶۹/۹±۰۵/۶۸ کیلوگرم) به‌صورت داوطلبانه در این مطالعه شرکت نمودند. پیش‌آزمون شامل: اندازه‌گیری متغیر-های آنتروپومتریکی، سطح مقطع عضلات ران، شاخص ارتجاعی عضلات پا و خون‌گیری ناشتا بود. درادامه، آزمودنی‌ها به سه گروه تمرینی موجی روزانه، موجی هفتگی و سنتی و نیز یک گروه کنترل تقسیم شدند و برنامهٔ تمرینی به‌مدت شش هفته و هر هفته سه جلسه انجام گرفت. شایان‌ذکر است که پس از ۴۸ ساعت از آخرین جلسهٔ تمرین، پس‌آزمون به‌عمل آمد. همچنین، تغییرات بین‌گروهی با روش آماری آنکوا و آزمون تعقیبی ال اس دی بررسی گردید و تغییرات درون‌گروهی نیز با استفاده از آزمون تی زوجی آنالیز گشت. سطح معناداری نیز معادل ($P<0.05$) در نظر گرفته‌شد. یافته‌ها نشان می‌دهد که زمانبندی موجی روزانه و موجی هفتگی تمرین پلایومتریک باعث افزایش معنادار غلظت استراحتی هورمون تستوسترون، نسبت تستوسترون به کورتیزول و سطح مقطع عضلات ران نسبت به پیش‌آزمون و گروه کنترل شده است. زمانبندی سنتی تمرین پلایومتریک نیز تنها منجر به بهبود معناداری نسبت به پیش‌آزمون شده است. علاوه‌براین، براساس نتایج مشخص می‌شود که هر سه نوع زمانبندی تمرین پلایومتریک، تأثیر معناداری بر شاخص ارتجاعی عضلات پا نداشته‌اند. با توجه به نتایج و درصد تغییرات به‌نظر می‌رسد که زمانبندی‌های غیرخطی تمرین پلایومتریک در بهبود تغییرات هورمونی، وضعیت آنابولیسم، هایپرتروفی عضلانی و خاصیت ارتجاعی عضلات پا، دارای کارایی بیشتری نسبت به زمانبندی سنتی می‌باشند.

واژگان کلیدی: زمانبندی، تمرین پلایومتریک، تغییرات هورمونی، هایپرتروفی عضلانی، خاصیت ارتجاعی عضلات پا

---

*نویسنده مسئول Email:K.Khodai@yahoo.com

مقدمه

تمرینات پلایومتریک به‌عنوان یک تمرین محبوب جسمانی در ورزشکاران و افراد سالم جهت افزایش عملکرد و در برخی بیماران خاص به‌عنوان روشی برای توانبخشی مطرح می‌باشد. این تمرینات دربرگیرندهٔ حرکات پرشی با وزن بدن و انواع مختلف پرتاب مدیسن‌بال[1] است که از چرخهٔ کشش ـ کوتاه‌شدن[2] استفاده می‌کنند (۱). تمرینات پلایومتریک به‌عنوان حرکات سریع و توانمند درگیر در انقباض برون‌گرا تعریف می‌شود که بلافاصله به‌دنبال آن انقباض درون‌گرای انفجاری انجام می‌شود (۲). در مطالعه‌ای مروری که شامل مطالعات انجام‌شده طی سال‌های (۱۹۶۶) تا (۲۰۰۹) در نشریات معتبر بود، اغلب پژوهش‌ها کارایی تمرینات پلایومتریک در بهبود توان و قدرت عضلانی، عملکردهای سرعتی، چابکی و پرشی و نیز بهبود سازگاری‌های عصبی ـ عضلانی را نشان دادند (۱). تمرینات پلایومتریک جزو تمرینات مقاومتی محسوب می‌گردد؛ بنابراین، می‌بایست از اصل اضافه‌بار پیش‌رونده پیروی کند و به‌طور معمول با افزایش شدت، حجم تمرین کاهش یابد (۳). در اغلب مطالعات انجام‌شده روی تمرینات پلایومتریک، از الگوی زمانبندی متفاوتی استفاده شده است. در برخی از آن‌ها روش زمانبندی سنتی مورداستفاده قرار گرفته است که در این نوع زمانبندی، اصل اضافه‌بار در طول دورهٔ تمرینی تنها از طریق افزایش در حجم تمرین لحاظ شده و شدت تمرین در کل جلسات برنامهٔ تمرینی ثابت باقی می‌ماند (۴،۵). برخی از پژوهش‌های دیگر نیز از زمانبندی خطی استفاده کرده‌اند (۶،۷)، اما اغلب آن‌ها برنامهٔ تمرینی بدون زمانبندی و یا برنامهٔ تمرینی همراه با زمانبندی سنتی را مورداستفاده قرار داده‌اند (۱۲ـ۸).

زمانبندی تمرین عبارت است از دست‌کاری و تغییرات منظم در روند تمرین برای توسعهٔ سازگاری تمرین و اجتناب از فاز عدم سازگاری و یکنواختی پاسخ‌های تمرینی. اگرچه مدل‌های مختلفی از زمانبندی تمرین وجود دارد،اما دو نوع زمانبندی سنتی یا خطی و زمانبندی غیرخطی یا موجی بیشتر مورداستفاده قرار می‌گیرد. زمانبندی خطی به‌شکل عمده‌ای برای ورزش‌هایی که دارای یک هدف تمرینی هستند (مانند ورزش‌های دوومیدانی) استفاده می‌شود که ورزشکار در طول فصل به یک یا دو اوج در عملکرد نیاز دارد. در این نوع زمانبندی، با افزایش خطی شدت تمرین در طول برنامهٔ تمرینی، حجم تمرین کاهش می‌یابد. زمانبندی غیرخطی یا موجی نیز بیشتر برای ورزش‌هایی مورد-استفاده قرار می‌گیرد که در طول فصل اهداف تمرینی مختلف و رقابت‌های زیادی دارند و رقابت آن‌ها به‌صورت لیگی برگزار می‌شود. در این نوع زمانبندی، شدت و حجم تمرین به‌صورت متناوب به‌شکل روزانه و یا هفتگی تغییر می‌کند (۱۳). تاکنون، شواهد متقاعدکننده‌ای که برتری زمانبندی غیرخطی

---

1. Medicine Ball
2. Stretch-Shortening Cycle

بر زمانبندی خطی را نشان بدهد به‌دست نیامده است، اما برخی مطالعات انجام‌شده درمورد زمانبندی تمرین مقاومتی، بهبود و سازگاری بیشتری در قدرت بیشینه (۱۴،۱۵)، استقامت عضلانی پایین‌تنه (۱۶،۱۷) و شاخص‌های هایپرتروفیک (۱۸) را با زمانبندی غیرخطی تمرینات مقاومتی نسبت به زمانبندی خطی گزارش کرده‌اند. زمانبندی غیرخطی تمرینات مقاومتی ممکن است به‌دلیل تغییر ثابت در فراخوانی واحدهای حرکتی باعث سازگاری عصبی بیشتری شود (۱۵). به‌نظر می‌رسد زمانبندی غیرخطی تمرینات مقاومتی به‌دلیل اجتناب از بیش‌تمرینی به‌دلیل انعطاف در میروسیکل‌ها، کاهش احتمالی خستگی، کاهش تأثیرات ناچیز بر تکنیک و مهارت کسب‌شده و کاهش احتمالی خطر آسیب نسبت به زمانبندی سنتی تمرینات مقاومتی بهتر باشد (۱۹).

دراین‌راستا، ابن[1] و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی تأثیر پلایومتریک زمانبندی‌شده به‌صورت خطی بر ارتفاع پرش عمودی و توان پرش عمودی پرداختند و افزایش ۲۵ درصدی ارتفاع پرش و نیز افزایش ۱۴ـ۱۱ درصدی در بهبود توان پرش عمودی را گزارش کردند (۶)، اما براساس بررسی‌ها ما پژوهشی که تأثیر تمرینات پلایومتریک با زمانبندی‌های غیرخطی یا موجی را بررسی کرده باشد مشاهده نشد. شایان‌ذکر است که تأثیر تمرینات پلایومتریک بر تغییرات هورمون تستوسترون و کورتیزول، هایپرتروفی عضلانی و خاصیت ارتجاعی عضلات پا به‌شکل کامل واضح و مشخص نمی‌باشد. اوزن[2] (۲۰۱۲) نشان داد که شش هفته تمرینات پلایومتریک باعث کاهش معنادار غلظت سرمی تستوسترون و کورتیزول می‌شود (۸). گوادالوپ-گراو[3] و همکاران (۲۰۰۹) نیز عدم تغییر معنادار غلظت هورمون‌های تستوسترون و کورتیزول را پس از نه هفته تمرین ترکیبی پلایومتریک و مقاومتی نشان دادند (۲۰). همچنین، برخی از مطالعات بیانگر بهبود سطح مقطع عضلات ران (هایپرتروفی عضلانی) و افزایش اندازهٔ تار عضلانی با تمرینات پلایومتریک می‌باشند (۹،۲۱) و برخی دیگر نیز عدم بهبود هایپرتروفی عضلانی را نشان می‌دهند (۲۲،۲۳). علاوه‌براین، چندین پژوهش به بررسی تأثیر تمرین پلایومتریک بر شاخص ارتجاعی عضلات پا (تقویت‌کنندهٔ پیش‌کششی[4]) که مربوط به توانایی استفاده و آزادسازی انرژی الاستیکی ذخیره‌شده در اجزای سری عضلات پا می‌باشد پرداختند و عدم تغییر معنادار آن را گزارش کردند (۴،۲۴،۲۵). در پی بررسی‌ها ما پژوهشی که تأثیر زمانبندی‌های مختلف تمرین پلایومتریک، به‌ویژه زمانبندی موجی روزانه و موجی هفتگی در تمرینات پلایومتریک را روی تغییرات هورمونی، هایپرتروفی عضلانی و خاصیت ارتجاعی عضلات پا بررسی کرده باشد یافت نشد. به‌نظر می‌رسد که زمانبندی موجی تمرین پلایومتریک تأثیر متفاوتی نسبت به زمانبندی سنتی داشته

---

[1] Ebben
[2] Ozen
[3] Guadalupe-Grau
[4] Pre Stretch Augmentation

باشد؛ لذا، در پژوهش حاضر در پی پاسخ به این سؤال هستیم که آیا شش هفته تمرینات پلایومتریک با زمانبندی مختلف از جمله زمانبندی موجی روزانه، موجی هفتگی و سنتی، تأثیری بر تغییرات هورمونی، هایپرتروفی عضلانی و شاخص ارتجاعی عضلات پای مردان ورزشکار دارد یا خیر؟

روش پژوهش

۴۸ نفر از مردان ورزشکار آماتور در رشته‌های فوتبال و فوتسال شهرستان سبزوار به‌صورت داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند. شایان‌ذکر است که هیچ‌یک از ورزشکاران سابقهٔ انجام تمرین پلایومتریک را نداشتند و در حین انجام پژوهش تمرینات مقاومتی را انجام نمی‌دادند. پس از این‌که شرکت‌کنندگان انتخاب شدند، طی یک هفته، آشناسازی با روش آزمون‌ها و نیز روش اجرای تمرینات انجام گرفت. همچنین، تمامی شرکت‌کنندگان پرسش‌نامهٔ رضایت جهت شرکت در پژوهش و نیز پرسش‌نامهٔ آمادگی برای شروع فعالیت را تکمیل نمودند که از میان آن‌ها، تنها ۳۶ نفر توانستند به‌طور کامل تا انتهای پژوهش همکاری داشته باشند. ویژگی‌های توصیفی آزمودنی‌ها در جدول شماره یک ارائه گردیده است. لازم‌به‌ذکر است که طی دو جلسه، آزمون‌ها شامل اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریک، خون‌گیری در حالت ناشتا و آزمون‌های پرشی به‌منظور اندازه‌گیری شاخص ارتجاعی پا انجام گرفت. سپس، شرکت‌کنندگان به‌صورت تصادفی به چهار گروه تقسیم شدند که سه گروه به‌عنوان گروه تمرین و یک گروه به‌عنوان گروه کنترل در نظر گرفته شدند. این چهار گروه برحسب میزان فعالیت ورزشی در هفته و اوج توان همسان‌سازی شدند. ورزشکاران هر دو رشتهٔ فوتبال و فوتسال به‌صورت مساوی در چهار گروه تقسیم شدند تا بین گروه‌ها تفاوت معناداری به‌لحاظ میزان فعالیت و آمادگی جسمانی وجود نداشته باشد. همچنین، ۲۴ ساعت پس از آخرین جلسهٔ آزمون‌گیری، پروتکل تمرینی به‌مدت شش هفته و هر هفته سه جلسه انجام شد. گروه کنترل نیز فعالیت ورزشی منظم خود که شامل تمرینات فوتبال یا فوتسال بود را طی دو جلسه در هر هفته انجام داد که این تمرینات شامل: گرم‌کردن، سردکردن و تمرینات مقدماتی تکنیکی و تاکتیکی فوتبال و یا فوتسال به‌مدت ۹۰ دقیقه در هر جلسه بود. شایان‌ذکر است که گروه‌های تمرین علاوه بر فعالیت منظم فوتبال یا فوتسال، یکی از سه نوع پروتکل تمرینی را در روز تمرین قبل از تمرینات منظم و روتین خود انجام دادند. همچنین، در هر جلسه ۱۰ دقیقه گرم‌کردن و سردکردن استاندارد انجام شد. گروه اول دارای زمانبندی سنتی بود. در مدل سنتی، شدت در کل برنامه ثابت بود و اضافه‌بار تدریجی با افزایش حجم تمرینات اعمال گردید (۴،۵). درمقابل، شرکت‌کنندگان گروه دوم از زمانبندی موجی روزانه استفاده کردند که شدت و حجم تمرین به‌صورت متناوب در هر جلسه از هفته تغییر می‌کرد و اضافه‌بار تدریجی نیز از طریق افزایش حجم تمرین، طی دو هفته یک بار اعمال شد (۱۵ـ۱۳). شرکت‌کنندگان گروه سوم نیز از زمانبندی

موجی هفتگی استفاده کردند که شدت و حجم تمرین در هر هفته به‌صورت متناوب تغییر می‌کرد و اضافه‌بار تدریجی از طریق افزایش حجم تمرین، سه هفته یک بار اعمال گردید (۱۵-۱۳). شایان‌ذکر است که پروتکل‌های تمرینی به‌لحاظ بار تمرینی یکسان‌سازی شدند که درادامه به‌شکل مفصل تشریح خواهد شد. سپس، ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسهٔ تمرینی، پس‌آزمون همانند پیش‌آزمون انجام گرفت. آزمون‌های مورداستفاده و ابزارهای جمع‌آوری داده‌ها درادامه تشریح می‌شود.

جهت انجام خون‌گیری از آزمودنی‌ها خواسته شد که حداقل ۴۸ ساعت قبل از آزمون، فعالیت ورزشی انجام ندهند و پس از ۱۲ ساعت ناشتایی بین ساعت ۹ـ۸ صبح در آزمایشگاه حضور یابند. خون‌گیری در حالت نشسته و از ناحیهٔ بازویی آزمودنی‌ها توسط کارشناس آزمایشگاه انجام گرفت و نمونه‌های خونی در فالکون‌های حاوی سیترات سدیم ریخته شد تا از لخته‌شدن آن جلوگیری شود. بلافاصله پس از اتمام خون‌گیری، نمونه‌های خونی در آزمایشگاه بیوشیمی دانشگاه حکیم سبزواری به‌مدت ۱۰ دقیقه و با سرعت ۵۰۰۰ دور در دستگاه سانتریفیوژ قرار گرفتند. سپس، پلاسمای جداشده در میکروتیوب‌ها گذاشته شد و در یخچال با دمای ۲۰- درجه نگه‌داری شد تا برای آنالیز مورداستفاده قرار گیرد. خون‌گیری پس‌آزمون نیز (همانند پیش‌آزمون) ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسهٔ تمرین انجام شد. شایان‌ذکر است که آنالیز غلظت پلاسمایی هورمون‌های کورتیزول و تستوسترون با روش الایزا در پژوهشکدهٔ علوم غدد درون‌ریز و متابولیسم دانشگاه علوم پزشکی شهیدبهشتی صورت گرفت. علاوه‌براین، به‌منظور اندازه‌گیری تستوسترون از کیت بایوکم ساخت کانادا[1] با درصد ضریب تغییر درون‌سنجشی[2] (۶/۵) و حساسیت (۰/۰۲۲ نانوگرم بر میلی‌لیتر) استفاده شد. جهت اندازه‌گیری کورتیزول نیز از کیت بایوچم با درصد ضریب تغییر درون‌سنجشی (۶/۲) و حساسیت (۴/ ۰ میکروگرم بر دسی‌لیتر) مورداستفاده قرار گرفت.

---

[1] Diagnostics biochem Canada Inc, Ontario, Canada

[2] Intraassay CV%

جدول ۱ـ ویژگی‌های آنتروپومتریکی و توصیفی آزمودنی‌ها

متغیرها	گروه سنتی تعداد (۱۰ نفر)	گروه موجی روزانه تعداد (۹ نفر)	گروه موجی هفتگی تعداد (۹ نفر)	گروه کنترل تعداد (۸ نفر)	مقادیر P
قد (سانتی‌متر)	۱۷۷/۵۰±۵/۷۰	۱۷۳/۴۴±۶/۷۶	۱۷۲/۸۹±۵/۹۲	۱۷۳/۳۸±۵/۲۶	۰/۳۰
وزن (کیلوگرم)	۶۶/۸۰±۹/۱۶	۶۴/۶۶±۸/۴۵	۷۳/۸۸±۱۰/۰۵	۷۱/۳۷±۹/۷۸	۰/۱۶
سن (سال)	۲۱/۹۰±۲/۸۴	۲۰/۲۲±۲/۹۹	۲۱/۳۳±۱/۹۳	۲۳/۰۰±۲/۲۶	۰/۱۷
میانگین فعالیت در هفته (ساعت)	۷/۸۵±۰/۷۸	۷/۱۱±۰/۹۶	۷/۲۲±۰/۹۷	۷/۱۸±۱/۷۵	۰/۴۷
حداکثر توان (وات)	۶۰۹/۸۵±۹۹/۴۵	۵۸۲/۱۶±۶۶/۱۷	۶۵۵/۲۲±۷۵/۲۴	۶۹۵/۰۴±۱۵۶/۴۰	۰/۱۳

علاوه‌براین، هایپرتروفی عضلانی با استفاده از اندازه‌گیری تغییرات در سطح مقطع (CSA[1]) عضلات ران به روش آنتروپومتریکی و همانند روش ناپیک[2] و همکاران (۱۹۹۶) اندازه‌گیری گردید. این روش آنتروپومتریکی هم‌بستگی بالایی با روش ام. ار. ای (MRI) دارد ($r=0.96$). سطح مقطع ران با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (۲۶) و محیط ران توسط متر نواری و با دقت یک میلی‌متر اندازه‌گیری گشت. علاوه‌براین، چربی زیرپوستی ران در قسمت میانی آن توسط کالیپر بررسی گردید و فاصلهٔ بین اپی‌کندیل داخلی و خارجی استخوان ران نیز به‌وسیلهٔ کولیس اندازه‌گیری شد. شایان‌ذکر است که تمامی اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریکی توسط یک آزمونگر مشخص و ماهر در پیش‌آزمون و پس‌آزمون اندازه‌گیری گردید. همچنین، از هر فرد در پیش‌آزمون و پس‌آزمون دوبار تست گرفته شد و میانگین نتایج برای هر فرد ثبت گشت. ضریب پایایی نتایج با استفاده از روش آزمون ـ آزمون مجدد معادل (۰/۸۹) بود.

$$\mathbf{AM = 0.649. ((CT/\Pi - SQ)2 - (0.3 . dE)2)}$$

A_M: سطح مقطع عضله (سانتی متر مربع) C_T: محیط ران (سانتی متر)
S_Q؛ چربی زیرپوستی چهار سر ران (سانتی متر) D_E: فاصلهٔ بین اپی‌کندیل داخلی و خارجی ران (سانتی متر)

---

1. Cross-Sectional Area
2. Knapik

حداکثر توان بی‌هوازی نیز توسط آزمون وینگیت ۳۰ ثانیه اندازه‌گیری شد؛ به‌گونه‌ای که آزمودنی‌ها ابتدا به‌مدت پنج دقیقه با رکاب‌زدن بدون وزنه روی چرخ کارسنج گرم کردند و سپس، برحسب ۷۵ درصد از وزن افراد، وزنه توسط رایانه تعیین گردید. شرکت‌کنندگان با علامت آزمونگر شروع به رکاب-زدن روی چرخ کارسنج مونارک (E894، ساخت سوئد) می‌نمودند و زمانی‌که تعداد دور چرخ به ۱۲۰ دور در دقیقه می‌رسید، وزنه آزاد شده و ۳۰ ثانیه آزمون شروع می‌شد. شرکت‌کنندگان ۳۰ ثانیه را با تمام توان رکاب می‌زدند و پس از اتمام آزمون، رایانه اوج، میانگین و حداقل توان را محاسبه می‌کرد. شاخص ارتجاعی عضلات پا مربوط به توانایی استفاده و آزادسازی انرژی الاستیکی ذخیره‌شده در اجزای سری پا می‌باشد. در برخی از مطالعات از نسبت ارتفاع پرش عمودی (CMJ[1]) بر ارتفاع پرش در وضعیت چمباتمه (SJ[2]) با عنوان "نسبت به‌کارگیری انرژی الاستیکی" و برخی دیگر نیز از اختلاف این دو پرش با عنوان "قدرت واکنشی" برای این متغیر استفاده کردند. در پژوهش حاضر شاخص ارتجاعی عضلات پا با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (۴،۲۴).

$$\text{شاخص ارتجاعی عضلات پا} = [(CMJ-SJ)/(SJ)]100\ X$$

در پژوهش حاضر از سه مدل زمانبندی سنتی، موجی روزانه و موجی هفتگی استفاده شد. در تمرینات پلایومتریک، حجم تمرین براساس تعداد برخورد پا محاسبه می‌شود. شدت تمرینات پلایومتریک نیز اغلب برمبنای دشواری حرکت، بارگیری با وزنه، سرعت، اندازه و ارتفاع جعبه‌ها و موانع استفاده‌شده تعیین می‌گردد. همچنین، اجرای حرکت تک‌پا نسبت به جفت‌پا شدیدتر می‌باشد. در تمرین پلایومتریک، نوع حرکت بیانگر شدت آن حرکت می‌باشد؛ به‌گونه‌ای که پلایومتریک‌هایی همچون پرش از مخروط، سبک بوده و پرش به پایین از روی نیمکت، شدید می‌باشد (۳،۲۷). در مطالعۀ حاضر شدت هر حرکت از روی جدول ذکرشده در کتاب مبانی کالج آمریکایی طب ورزشی در تمرینات قدرتی و بدنسازی[3] مشخص گردید (۲۷). شدت حرکات پلایومتریک پرش از مخروط، پرش اسکات و لی لی کردن (سبک)، پرش تاک، پرش از موانع و پرش روی جعبه (متوسط)، پرش رو به پایین، پرش عمدی تک پا و پرش پایک (شدید) در نظر گرفته شد. همچنین، بار تمرینی هر جلسه از ضرب حجم تمرین در شدت (تعداد ست‌ها در تعداد تکرارها در شدت) محاسبه گشت (۲۸). با توجه به این‌که حجم و شدت تمرین رابطۀ معکوسی دارند و هرکجا که شدت تمرین افزایش یابد می‌بایست حجم تمرین نیز کاهش پیدا کند (۳،۲۷)، جهت کمی‌سازی بار تمرینی برای حرکات با شدت‌های سبک

---

1. Counter Movement Jump
2. Squat Jump
3. ACSM's Foundations of Strength Training and Conditioning

عدد یک، برای حرکات با شدت متوسط عدد دو و برای حرکات با شدت زیاد عدد سه را در نظر گرفتیم تا حجم حرکات سبک زیادتر و حجم حرکات شدید کمتر گردد و حجم حرکت متوسط نیز متوسط شود. شایان‌ذکر است که در هر سه گروه، پرش‌ها با تمام توان ورزشکاران انجام شد. علاوه‌براین، ارتفاع موانع، مخروط‌ها و جعبه‌ها در هر سه گروه برابر انتخاب شد. فاصلهٔ استراحتی نیز بین ست‌ها یک دقیقه و بین سری‌ها دو دقیقه در نظر گرفته شد. هر سه پروتکل تمرینی زمانبندی موجی روزانه (جدول شماره دو)، زمانبندی موجی هفتگی (جدول شماره سه) و زمانبندی سنتی (جدول شماره چهار) در ادامه آورده شده است.

جدول ۲ـ پروتکل تمرینی زمانبندی موجی روزانه

نوع ورزش	هفتهٔ اول و دوم			هفتهٔ سوم و چهارم			هفتهٔ پنجم و ششم		
	ج ۱	ج ۲	ج ۳	ج ۱	ج ۲	ج ۳	ج ۱	ج ۲	ج ۳
پرش از مخروط	۳x۱۰	–	–	۴x۱۰	–	–	۵x۱۰	–	–
پرش اسکات	۳x۱۰	–	–	۴x۱۰	–	–	۵x۱۰	–	–
لی‌لی‌کردن[1]	۳x۱۰	۱x۱۰	–	۴x۱۰	۳x۱۰	–	۵x۱۰	۳x۱۰	–
پرش تاک[2]	۲x۱۰	۲x۱۰	–	۴x۱۰	۳x۱۰	–	۵x۱۰	۳x۱۰	–
پرش روی جعبه	–	۲x۱۰	–	–	۳x۱۰	–	–	۴x۱۰	–
پرش از موانع	–	۲x۱۰	۲x۱۰	–	۳x۱۰	۳x۱۰	–	۴x۱۰	۳x۷
پرش رو به پایین[3]	–	–	۱x۱۰	–	–	۲x۸	–	–	۳x۸
پرش عمودی تک‌پا	–	–	۱x۱۰	–	–	۲x۸	–	–	۳x۸
پرش پایک[4]	–	–	۱x۱۰	–	–	۲x۱۰	–	–	۳x۸
بار تمرین		۷۸۰			۱۲۵۲			۱۵۱۶	

---

[1] Skipping
[2] Tuck jumps
[3] Drop jump
[4] Pike jump

جدول ۳ـ پروتکل تمرینی زمانبندی موجی هفتگی

نوع ورزش	هفتهٔ اول	هفتهٔ دوم	هفتهٔ سوم	هفتهٔ چهارم	هفتهٔ پنجم	هفتهٔ ششم	شدت
پرش از مخروط	۳x۱۰	–	–	۴x۱۰	–	–	سبک
پرش اسکات	۳x۱۰	–	–	۴x۱۰	–	–	سبک
لی‌لی‌کردن	۳x۱۰	۳x۱۰	–	۴x۱۰	۳x۱۰	–	سبک
پرش تاک	۳x۱۰	۲x۱۰	–	۳x۱۰	۳x۱۰	–	متوسط
پرش روی جعبه	–	۲x۱۰	–	–	۳x۱۰	–	متوسط
پرش از موانع	–	۲x۱۰	۲x۱۰	–	۳x۱۰	۳x۱۰	متوسط
پرش رو به پایین	–	–	۱x۱۰	–	–	۲x۱۰	زیاد
پرش عمودی تک‌پا	–	–	۲x۱۰	–	–	۳x۱۰	زیاد
پرش پایک	–	–	۲x۱۰	–	–	۳x۱۰	زیاد
بار تمرین	۱۴۷۰			۲۰۷۰			کل بار: ۳۵۴۰

جدول ۴ـ پروتکل تمرینی زمانبندی سنتی

نوع ورزش	هفتهٔ اول و دوم	هفتهٔ سوم و چهارم	هفتهٔ پنجم و ششم	شدت
پرش از مخروط	۲x۱۰	۲x۱۰	۳x۱۰	سبک
پرش اسکات	۲x۱۰	۲x۱۰	۲x۱۰	سبک
پرش تاک	۲x۷	۳x۷	۳x۷	متوسط
پرش روی جعبه‌ها	۲x۷	۳x۷	۴x۷	متوسط
پرش رو به پایین	۱x۷	۲x۷	۲x۷	زیاد
پرش عمودی تک‌پا	۱x۷	۲x۷	۳x۷	زیاد
بار تمرینی	۷۸۰	۱۲۴۸	۱۵۱۸	کل بار: ۳۵۴۶

علاوه‌براین، جهت بررسی نرمال‌بودن توزیع داده‌ها و استفاده از آزمون‌های پارامتریک و غیرپارامتریک از آزمون شاپیرو ویلک[1] استفاده شد. پس از تعیین نرمال‌بودن توزیع داده‌ها، روش آماری پارامتریک مورداستفاده قرار گرفت. همچنین، از آزمون لوون[2] برای بررسی همگنی واریانس‌ها استفاده گردید. جهت مقایسهٔ میانگین داده‌های چهار گروه نیز تحلیل عاملی کوواریانس (آنکوا[3]) به‌همراه آزمون

---

[1] Shapiro-Wilk
[2] Levenes Test
[3] ANCOVA

تعقیبی ال اس دی[1] به‌کار رفت. پیش‌آزمون نیز به‌عنوان کوواریت قرار گرفت. همچنین، به‌منظور بررسی تغییرات درون‌گروهی از آزمون تی زوجی استفاده شد. آمار توصیفی نیز برای تعیین شاخص‌های اصلی نظیر میانگین، انحراف معیار، پراکندگی و غیره به‌کار برده شد. شایان‌ذکر است که تمامی تحلیل‌ها در سطح معناداری $P<0.05$ انجام گرفت. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل اطلاعات نیز نرم‌افزار اس پی اس اس[2] نسخهٔ ۱۶ مورداستفاده قرار گرفت.

نتایج

میانگین و انحراف استاندارد تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی متغیرهای پژوهش در جدول شماره پنج ارائه شده است. یافته‌های درون‌گروهی پژوهش نشان می‌دهد که هر سه تمرین پلایومتریک با زمانبندی سنتی، موجی روزانه و موجی هفتگی باعث افزایش معنادار غلظت استراحتی هورمون تستوسترون، نسبت تستوسترون به کورتیزول و سطح مقطع عضلات ران نسبت به پیش‌آزمون شده‌اند. همچنین، تمرین پلایومتریک با زمانبندی موجی روزانه، کاهش معنادار غلظت استراحتی هورمون کورتیزول نسبت به پیش‌آزمون را به‌دنبال داشته است، اما در دو گروه سنتی و موجی هفتگی تغییر معناداری نسبت به پیش‌آزمون مشاهده نمی‌شود. همچنین، هر سه گروه تمرین پلایومتریک با زمانبندی مختلف، تأثیر معناداری را بر شاخص ارتجاعی عضلات پا نسبت به پیش‌آزمون نشان نمی‌دهند. علاوه‌براین، یافته‌های بین‌گروهی بیانگر این است که تمرین پلایومتریک با زمانبندی موجی روزانه و موجی هفتگی باعث افزایش معنادار غلظت استراحتی هورمون تستوسترون (مقادیر P به‌ترتیب ۰/۰۰۶ و ۰/۰۴)، نسبت تستوسترون به کورتیزول (مقادیر P به‌ترتیب ۰/۰۱ و ۰/۰۲) و سطح مقطع عضلات ران (مقادیر P به‌ترتیب ۰/۰۰۴ و ۰/۰۴) نسبت به گروه کنترل شده است. تمرین پلایومتریک با زمانبندی سنتی نیز تنها باعث افزایش نسبت تستوسترون به کورتیزول ($P=0.01$) گردیده است، اما در غلظت استراحتی هورمون کورتیزول و شاخص ارتجاعی عضلات پا تفاوت معناداری بین چهار گروه مشاهده نمی‌شود ($P>0.05$).

---

[1] LSD

[2] SPSS

جدول ۵ـ میانگین و انحراف استاندارد تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی متغیرهای پژوهش

گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	T	P (درون-گروهی)	درصد تغییرات	F	P (بین‌گروهی)
هورمون تستوسترون (ng/ml)							
سنتی	۵/۷۵±۱/۵۷	۶/۶۲±۱/۹۲	-۵/۳۷	۰/۰۰۱	۱۴/۹۳±۶/۱۱	۳/۳۴	۰/۰۳
موجی روزانه	۵/۹۸±۲/۶۰	۷/۴±۲/۹۱❋	-۴/۹۴	۰/۰۰۱	۲۶/۲۷±۱۶/۸۵		
موجی هفتگی	۷/۰۷±۳/۴۰	۸/۴۲±۳/۴۰❋	-۲/۴۱	۰/۰۴	۲۵/۰۸±۲۱/۱۴		
کنترل	۴/۵۶±۰/۳۳	۴/۶۷±۰/۴۰	۰	۰/۹۶	۰/۲۳±۷/۱۷		
هورمون کورتیزول (µg/dl)							
سنتی	۲۲/۹۳±۴/۲۳	۲۲/۱۲±۳/۴۵	۱/۴۱	۰/۱۹	-۲/۸۷±۷/۱۷	۱/۰۰	۰/۴۰
موجی روزانه	۲۴/۰۵±۴/۱۲	۲۲/۸۳±۳/۴۷	۳/۶۷	۰/۰۰۶	-۴/۷۷±۳/۶۲		
موجی هفتگی	۲۴/۹۶±۳/۲۳	۲۴/۴۷±۳/۳۳	۱/۸۵	۰/۱۰	-۲/۰۳±۳/۳۹		
کنترل	۲۱/۹۶±۳/۵۰	۲۱/۱۶±۲/۳۸	۰/۹۶	۰/۳۶	-۲/۶۳±۹/۶۹		
نسبت تستوسترون به کورتیزول							
سنتی	۰/۲۴±۰/۰۴	۰/۲۹±۰/۰۶❋	-۲/۵۳	۰/۰۳	۲۰/۵۹±۲۶/۹۶	۲/۹۷	۰/۰۴
موجی روزانه	۰/۲۵±۰/۱۲	۰/۳۰±۰/۱۲❋	-۴/۵۰	۰/۰۰۲	۲۱/۹۰±۱۴/۲۵		
موجی هفتگی	۰/۲۸±۰/۱۱	۰/۳۲±۰/۱۲❋	-۲/۹۱	۰/۰۲	۱۹/۰۲±۲۰/۰۷		
کنترل	۰/۲۱±۰/۰۴	۰/۲۰±۰/۰۲	۰/۳۶	۰/۷۲	-۰/۵۵±۱۴/۵۰		
سطح مقطع عضلات ران (cm^2)							
سنتی	۱۲۰/۸۲±۲۵/۷۸	۱۳۷/۱۱±۲۲/۰۲	-۳/۷۴	۰/۰۰۵	۱۵/۰۸±۱۲/۸۷	۳/۲۶	۰/۰۳
موجی روزانه	۱۰۹/۸۵±۱۸/۰۷	۱۳۹/۶۳±۱۷/۹۸❋	-۶/۴۴	۰/۰۰۱	۲۸/۳۹±۱۴/۸۲		
موجی هفتگی	۱۱۵/۸۳±۱۳/۵۰	۱۳۷/۴۶±۱۴/۵۲❋	-۴/۰۶	۰/۰۰۴	۱۹/۶۸±۱۴/۹۶		
کنترل	۱۲۳/۲۶±۱۴/۱۵	۱۲۹/۲۲±۱۱/۳۰	-۱/۴۶	۰/۱۸	۵/۵۸±۱۱/۰۴		
شاخص ارتجاعی عضلات پا (٪)							
سنتی	۱۸/۱۱±۶/۴۶	۱۶/۵۶±۶/۰۵	۰/۷۷	۰/۴۶	-۲/۵۵±۳۷/۶۹	۱/۱۸	۰/۳۳
موجی روزانه	۲۰/۹۴±۱۲/۶۰	۲۲/۱۹±۷/۵۶	-۰/۳۶	۰/۷۲	۲۵/۵۱±۵۳/۷۹		
موجی هفتگی	۱۷/۳۷±۷/۵۵	۱۹/۱۰±۷/۱۰	-۰/۷۹	۰/۴۴	۱۶/۷۴±۴۲/۷۳		
کنترل	۱۵/۴۵±۷/۳۲	۱۷/۹۷±۷/۶۱	-۳/۱۹	۰/۳۱	۱۸/۳۳±۳۵/۵۰		

❋ تفاوت معنادار نسبت به گروه کنترل

بحث و نتیجه‌گیری

پاسخ هورمونی به ورزش به عوامل مختلفی مانند شدت، حجم و شرایط تمرینی وابسته است. با این‌حال، مطالعات اندکی تأثیر تمرینات پلایومتریک بر تغییرات هورمونی را بررسی کرده‌اند. در پژوهش حاضر، غلظت پلاسمایی هورمون تستوسترون با شش هفته تمرین پلایومتریک با زمانبندی‌های موجی روزانه و هفتگی، افزایش معناداری نسبت به گروه کنترل و پیش‌آزمون داشت، اما تمرین پلایومتریک

با زمانبندی سنتی، تغییر معناداری را نسبت به گروه کنترل ایجاد نکرده بود. علاوه‌براین، غلظت پلاسمایی هورمون کورتیزول نیز تغییر معناداری را با هر سه زمانبندی تمرین پلایومتریک نشان نداد. بااین‌حال، در نسبت تستوسترون به کورتیزول، بهبود معناداری با هر سه زمانبندی سنتی، موجی روزانه و موجی هفتگی تمرین پلایومتریک نسبت به گروه کنترل و پیش‌آزمون مشاهده شد. دراین‌راستا، اوزن (۲۰۱۲) کاهش معناداری را هم در تستوسترون و هم در کورتیزول پس از شش هفته تمرین پلایومتریک گزارش کرد که با نتایج مطالعهٔ حاضر هم‌سو نمی‌باشد (۸). علی‌رغم این‌که تغییرات اساسی در حجم و شدت تمرین باعث ایجاد تغییر در سازگاری هورمون تستوسترون و کورتیزول به تمرینات مقاومتی می‌شود (۲۹،۳۰)، در پژوهش اوزن (۲۰۱۲)، آزمودنی‌ها در هفته‌های ابتدایی از تمرینات پلایومتریک با شدت‌های سبک و حجم کمتر و در هفته‌های انتهایی از تمرینات شدید با حجم بیشتر استفاده کرده بودند که با پروتکل‌های تمرینی استفاده‌شده در پژوهش حاضر یکسان نمی‌باشد. این احتمال وجود دارد که این امر دلیل ناهم‌سوبودن نتایج مطالعهٔ ذکرشده با پژوهش حاضر باشد. خدامی و همکاران (۲۰۱۴) نیز کاهش معنادار کورتیزول را بعد از هشت هفته تمرین پلایومتریک نسبت به گروه کنترل گزارش کردند که با نتایج پژوهش حاضر مغایر می‌باشد (۳۱). دلیل تفاوت یافته‌های پژوهش مذکور با نتایج پژوهش حاضر ممکن است استفاده از حجم زیاد و شدت پایین تمرین پلایومتریک و نیز بیشتربودن مدت‌زمان تمرین در آن مطالعه باشد. علاوه‌براین، گوادالوپ-گراو و همکاران (۲۰۰۹) در پژوهش خود عدم تغییر معنادار غلظت هورمون‌های تستوسترون و کورتیزول را پس از نه هفته تمرین ترکیبی پلایومتریک و مقاومتی گزارش دادند که این عدم تغییر هورمون تستوسترون با یافته‌های پژوهش حاضر ناهم‌سو می‌باشد، اما عدم تغییر کورتیزول با آن همخوانی دارد (۲۰). حجم کم تمرینات پلایومتریک در این مطالعه می‌توانند دلیل ناهم‌سوبودن نتایج با پژوهش حاضر باشد. ازآن‌جایی‌که پاسخ هورمون‌های تستوسترون و کورتیزول به عوامل مختلفی از جمله مدت‌زمان تمرین، شدت تمرین و نداشتن تجربهٔ قبلی از تمرین بستگی دارد (۲۹،۳۰)؛ بنابراین، ناهم‌سویی نتایج مطالعات دیگر با یافته‌های ما می‌تواند به‌دلیل استفاده از پروتکل‌های تمرینی مختلف و سطح تجربهٔ تمرینی متفاوت آزمودنی‌ها باشد. در پژوهش حاضر به‌دلیل این‌که در زمانبندی موجی روزانه در هر هفته یک جلسه از تمرینات پلایومتریک شدید استفاده گردید و در زمانبندی هفتگی نیز به‌مدت دو هفتهٔ کامل تمرینات پلایومتریک با شدت زیاد مورداستفاده قرار گرفت، این احتمال وجود دارد که این امر محرک خوبی برای ترشح هورمون تستوسترون نسبت به پروتکل‌های تمرینی که کمتر از تمرینات پلایومتریک شدید در یک جلسه (زمانبندی سنتی) استفاده می‌کنند باشد. همچنین، نداشتن تجربهٔ قبلی از تمرین مقاومتی به‌ویژه تمرین پلایومتریک در آزمودنی‌های پژوهش حاضر ممکن است دلیل دیگری برای افزایش غلظت هورمون تستوسترون باشد (۳۲). مکانیسم

احتمالی افزایش هورمون تستوسترون پس از شش هفته تمرین پلایومتریک همانند تمرین مقاومتی ممکن است به‌دلیل افزایش‌های موقتی رخداده در هر جلسهٔ تمرینی (درنتیجهٔ افزایش ترشح، کاهش پاک‌سازی کبدی، کاهش حجم پلاسما، کاهش میزان تخریب، افزایش لاکتات خون، افزایش جریان خون، افزایش اتساع عروقی و افزایش فعالیت سمپاتیک ناشی از ورزش) باشد که به مرور زمان این افزایش‌های موقتی باعث افزایش میزان استراحتی هورمون تستوسترون در بلندمدت می‌شود (۳۰،۳۲،۳۳). مطالعات نشان داده‌اند که شدت زیاد و حجم بالای تمرینات مقاومتی، محرک بسیار خوبی برای سازگاری بلندمدت هورمون تستوسترون می‌باشد (۳۳)؛ لذا، دلیل اصلی ناهم‌سویی نتایج مطالعات دیگر با یافته‌های پژوهش حاضر می‌تواند به‌دلیل کمتربودن شدت یا حجم تمرین و درکل، بار تمرینی باشد؛ زیرا، بار تمرینی زیاد باعث افزایش فراخوانی واحدهای حرکتی و درنتیجه، درگیری تارهای عضلانی بیشتر، افزایش میزان لاکتات خون و فعالیت سمپاتیک می‌شود که منجر به تعامل بیشتر هورمونی ـ بافتی عضله شده و میزان تستوسترون استراحتی را افزایش می‌دهد (۳۰،۳۳). افزایش غلظت تستوسترون نیز ممکن است باعث تقویت سازگارهای عصبی و افزایش هایپرتروفی عضلانی برای کسب قدرت و توان بیشتر در ورزشکاران شود (۳،۳۲). شایان‌ذکر است که در پژوهش حاضر، غلظت هورمون کورتیزول تغییر معناداری را نشان نداد. ازآن‌جایی‌که تغییرات حاد و موقتی کورتیزول ممکن است نشان‌دهندهٔ استرس‌های متابولیکی باشد، تغییرات بلندمدت آن نیز می‌تواند نشان‌دهندهٔ تغییر در هموستاز بافتی درگیر در متابولیسم پروتئین باشد (۳۰). افزایش تستوسترون، عدم تغییر کورتیزول و افزایش نسبت تستوسترون به کورتیزول، نشانه‌های خوبی است که بیان می‌کند فرد دچار بیش‌تمرینی نشده است و متابولیسم به سمت آنابولیسم است و نه کاتابولیسم. این شاخص‌ها ـ به‌ویژه افزایش نسبت تستوسترون به کورتیزول ـ نشانه‌های خوبی از هموستاز و سازگاری‌های مثبتی می‌باشند که باعث بهبود عملکرد ورزشکاران می‌شوند (۳۰). با توجه به این‌که زمانبندی غیرخطی ممکن است به‌دلیل تغییر ثابت در فراخوانی واحدهای حرکتی باعث سازگاری بیشتر عصبی شود (۱۵)، نوسانات بیشتر در فراخوانی واحدهای حرکتی نیز ممکن است سبب تخلیهٔ واحدهای بیشتر و مختلف گردد. برخی از تارهای تند انقباض ممکن است در بار کاری ۷۰ درصد انقباض اختیاری بیشینه فراخوانی شوند (۱۹)، اما این احتمال وجود دارد که فراخوانی بیشتر به‌دلیل نوسانات در زمانبندی غیرخطی رخ دهد (۳۴،۳۵) (ممکن است این فراخوانی در زمانبندی سنتی رخ نداده باشد)؛ بنابراین، این احتمال وجود دارد که افزایش بیشتر در فراخوانی تارهای تند انقباض در زمانبندی‌های غیرخطی، دلیل بهبود معنادار میزان استراحتی هورمون تستوسترون و نسبت تستوسترون به کورتیزول درمقایسه با گروه کنترل باشد.

علاوه‌براین، افزایش در سطح مقطع عضلانی ران می‌تواند باعث افزایش قدرت و توان شود. در پژوهش حاضر، تمرینات پلایومتریک با زمانبندی موجی روزانه و موجی هفتگی باعث بهبود معنادار سطح مقطع عضلانی ران نسبت به گروه کنترل و پیش‌آزمون گردید. همچنین، تمرینات پلایومتریک با زمانبندی سنتی منجر به بهبود معنادار سطح مقطع عضلانی ران نسبت به پیش‌آزمون شد، اما تفاوت معناداری با گروه کنترل نداشت. دراین‌راستا، نتایج برخی مطالعات با یافته‌های پژوهش حاضر هم‌سو بوده (۹،۲۱،۳۶) و یافته‌های برخی نیز ناهم‌سو می‌باشد (۲۲،۲۳)؛ به‌گونه‌ای‌که چلی[1] و همکاران (۲۰۱۰) افزایش حجم عضلات ران و افزایش اندک و غیرمعنادار سطح مقطع ران را با تمرینات پلایومتریک گزارش کردند (۲۳). هیریرو[2] و همکاران (۲۰۰۶) نیز افزایش سطح مقطع ران با استفاده از تمرینات ترکیبی پلایومتریک به‌همراه تحریک الکتریکی و نیز عدم تغییر معنادار آن را با استفاده از تمرینات پلایومتریک به‌تنهایی نشان دادند (۲۲). دلیل اختلاف نتایج این پژوهش با مطالعات دیگر ممکن است روش‌های اندازه‌گیری سطح مقطع ران و پروتکل‌های تمرینی مورداستفاده، به‌ویژه حجم و شدت کم تمرینات در مطالعهٔ چلی و همکاران (۲۰۱۰) باشد؛ زیرا، بار تمرینی بیشتر باعث افزایش فراخوانی واحدهای حرکتی، درگیری تارهای عضلانی بیشتر و نیز افزایش لاکتات خون و فعالیت سمپاتیکی بیشتر می‌شود که درنتیجه، میزان تستوسترون را افزایش می‌دهد و این امر به‌صورت موازی منجر به افزایش هایپرتروفی عضلانی می‌گردد (۳۳)؛ بنابراین، کمتربودن بار تمرینی در مطالعات دیگر، دلیل ناهم‌سوبودن آن‌ها با پژوهش حاضر می‌باشد. با توجه به نتایج به‌نظر می‌رسد که همانند تمرینات مقاومتی، بهبود معنادار هورمون تستوسترون و نسبت تستوسترون به کورتیزول در مدل‌های زمانبندی‌های موجی روزانه و هفتگی، دلیل افزایش سطح مقطع ران در این دو نوع زمانبندی تمرین می‌باشد (۳۲). دلیل دیگر افزایش سطح مقطع عضلات ران ممکن است افزایش در اندازهٔ تارهای عضلانی باشد (۲۱). علی‌رغم این‌که گروه زمانبندی سنتی افزایشی معناداری در هورمون تستوسترون و سطح مقطع ران نسبت به پیش‌آزمون داشت، اما این تفاوت آنقدر نبود که باعث ایجاد تغییر معناداری نسبت به گروه کنترل شود. علت این عدم تفاوت ممکن است بهبود هایپرتروفی عضلانی نسبت به پیش‌آزمون در گروه کنترل (به‌دلیل فعالیت ورزشی منظم فوتبال یا فوتسال که در طول هفته انجام می‌دادند) باشد. ازسوی‌دیگر، به‌نظر می‌رسد که چون تمرین پلایومتریک با زمانبندی‌های موجی روزانه و هفتگی باعث افزایش نسبت تستوسترون به کورتیزول شده است؛ لذا، متابولیسم را به‌سوی آنابولیسم پیش برده و سبب هایپرتروفی عضلانی شده است (۳۰،۳۲). علاوه‌براین، با توجه به این‌که زمانبندی غیرخطی ممکن است به‌دلیل تغییر ثابت در فراخوانی واحدهای حرکتی باعث سازگاری بیشتر عصبی

---

[1] Chelly
[2] Herrero

و فراخوانی بیشتر واحدهای حرکتی و تارهای عضلانی تند انقباض شود (۱۵،۱۹،۳۳)؛ لذا، این احتمال وجود دارد که افزایش بیشتر در فراخوانی تارهای تند انقباض در زمانبندی‌های غیرخطی نیز یکی دیگر از دلایل بهبود معنادار میزان استراحتی هورمون تستوسترون و نسبت تستوسترون به کورتیزول درمقایسه با گروه کنترل باشد؛ ازاین‌رو، ممکن است روش‌های زمانبندی غیرخطی محرک خوبی برای ترشح هورمون تستوسترون نسبت به زمانبندی‌های سنتی بوده و موازی با آن سبب افزایش بیشتری در سطح مقطع عضلانی شده باشد.

علاوه‌براین، شاخص ارتجاعی عضلات پا به توانایی استفاده و آزادسازی انرژی ارتجاعی ذخیره‌شده در اجزای سری عضلات پا مربوط می‌باشد. در پژوهش حاضر، تمرین پلایومتریک با زمانبندی موجی روزانه و موجی هفتگی باعث افزایش شاخص ارتجاعی عضلات پا نسبت به پیش‌آزمون شد، اما این افزایش به‌لحاظ آماری معنادار نبود. همچنین، درصد تغییر با تمرینات پلایومتریک با زمانبندی موجی روزانه، موجی هفتگی و سنتی به‌ترتیب ۲۵ درصد، ۱۶ درصد و منفی دو درصد بود. این نتایج با یافته‌های تورنر[1] و همکاران (۲۰۰۳)، گری[2] و همکاران (۱۹۹۸) و ایمپلرزی[3] و همکاران (۲۰۰۸) همخوان می‌باشد (۴،۲۵،۳۷). گری و همکاران (۱۹۹۸) حتی پس از ۱۲ هفته تمرین پلایومتریک نیز عدم تغییر معنادار به‌کارگیری انرژی الاستیکی را گزارش کردند (۳۷). ایمپلرزی و همکاران (۲۰۰۸) نیز افزایش غیرمعنادار نسبت به‌کارگیری انرژی الاستیکی را پس از چهار هفته تمرین پلایومتریک در زمین چمن نسبت به پیش‌آزمون نشان دادند (۲۵). به‌نظر می‌رسد که بهبود در شاخص ارتجاعی عضلات پا و نسبت به‌کارگیری انرژی الاستیکی به سطح تمرینی آزمودنی‌ها، جنسیت و نوع کف زمین تمرینی وابسته باشد (۲۴،۳۸)؛ لذا، این احتمال وجود دارد که بهبود در این شاخص‌ها به مدت برنامهٔ تمرینی طولانی‌تر و یا نوع کف زمین ویژه (کف‌های سفت، مورب و غیره) نیازمند باشد. همچنین، دلیل عدم تغییر معنادار شاخص ارتجاعی عضلات پا در پژوهش حاضر ممکن است کوتاه‌بودن مدت برنامهٔ تمرینی و استفاده از روش اندازه‌گیری غیرمستقیم شاخص ارتجاعی عضلات پا باشد. ازآن‌جاکه روش‌های مورداستفاده برای اندازه‌گیری شاخص ارتجاعی عضلات پا، روشی‌هایی غیرمستقیم است که از مقادیر ارتفاع پرش عمودی و پرش اسکات به‌دست می‌آید، تغییرات نسبی در عملکرد پرش اسکات ممکن است منجر به نتایج اشتباه در برآورد این شاخص‌ها شود (۲۴).

درمجموع، یافته‌های پژوهش حاضر بیانگر بهبود معنادار میزان استراحتی هورمون تستوسترون، نسبت تستوسترون به کورتیزول و هایپرتروفی عضلانی با استفاده از زمانبندی‌های موجی روزانه و هفتگی تمرینات پلایومتریک بود؛ بنابراین، با توجه به نتایج و درصد تغییرات به‌نظر می‌رسد زمانبندی‌های

---

[1] Turner
[2] Gehri
[3] Impellizzeri

غیرخطی تمرین پلایومتریک در بهبود تغییرات هورمونی، وضعیت آنابولیسم، هایپرتروفی عضلانی و خاصیت ارتجاعی عضلات پا در مردان ورزشکار، دارای کارایی بیشتری نسبت به زمانبندی سنتی باشد. همچنین، زمانبندی موجی می‌تواند جایگزین خوبی در فصل رقابت و نیز فصل آمادگی برای زمانبندی سنتی باشد.

پیام مقاله: استفاده از زمانبندی‌های مختلف تمرین با توجه به نیاز ورزش‌ها بخش جدایی ناپذیر در ارتقای عملکرد ورزشکاران می‌باشد که از بیش تمرینی و خستگی تجمعی ورزشکاران جلوگیری می‌کند. نتایج مطالعه حاضر پیشنهاد می‌کند که استفاده از زمانبندی غیرخطی تمرینات پلایومتریک به عنوان تمرین توانی و انفجاری در فاز پیش از رقابت تمرین و فاز رقابت ممکن است جایگزین خوبی نسبت به زمانبندی‌های سنتی به‌ویژه در ورزش‌هایی تیمی باشد.

منابع

1. Markovic G, Mikulic P. Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. Sports Med. 2010; 40(10): 859-95.
2. Wilt F. Plyometrics: What it is and how it works. Athl J. 1975; 55(76): 89-90.
3. Baechle T R, Earle R W. Essentials of strength training and conditioning. Human kinetics Champaign, IL, USA, 3st edition, ; 2008. 413-456.
4. Turner A M, Owings M, Schwane J A. Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training. J Strength Cond Res. 2003; 17(1): 60-7.
5. Miller M G, Herniman J J, Ricard M D, Cheatham C C, Michael T J. The effects of a 6-week plyometric training program on agility. J Sports Sci Med. 2006; 5(3): 459-65.
6. Ebben W P, Feldmann C R, Vanderzanden T L, Fauth M L, Petushek E J. Periodized plyometric training is effective for women, and performance is not influenced by the length of post-training recovery. J Strength Cond Res. 2010; 24(1): 1-7.
7. Petushek E, Fauth M, Hsu B, Vogel C, Lutsch B, Feldmann C, et al. The effect of resistance and plyometric training on Hamstring and Quadriceps activation during simulated sports movement. J Strength Cond Res. 2011; 25(1): 8-9.
8. Ozen S. Reproductive hormones and cortisol responses to plyometric training in males. Biol Sport. 2012; 29(3): 193.
9. Chelly M S, Hermassi S, Aouadi R, Shephard R J. Effects of 8-week in-season plyometric training on upper and lower limb performance of elite adolescent handball players. J Strength Cond Res. 2014; 28(5): 1401-10.
10. Makaruk H, Sacewicz T. Effects of plyometric training on maximal power output and jumping ability. Hum Movement. 2010; 11(1): 17-22.
11. Kalvandi F, Tofighi A, Mohammadzadeh-salamat Kh. The effect of elastic, plyometric and resistance training on anaerobic performance of elite volleyball players in kurdistan province. Sport Physiology. 2012; 3 (12): 13-26. (In Persian).
12. Fallah mohamadi Z, Nazari H. The effect of four-week plyometric exercises on serum levels of brain-derived neurotrophic factor in active males. Sport Physiology. 2014; 5 (20): 29-38. (In Persian).

13. Gamble P. Strength and conditioning for team sports: Sport-specific physical preparation for high performance. Routledge, USA, 1st edition; 2013.
14. Rhea M R, Ball S D, Phillips W T, Burkett L N. A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for strength. J Strength Cond Res. 2002; 16(2): 250-5.
15. Monteiro A G, Aoki M S, Evangelista A L, Alveno D A, Monteiro G A, Picarro Ida C, et al. Nonlinear periodization maximizes strength gains in split resistance training routines. J Strength Cond Res. 2009; 23(4): 1321-6.
16. Hamedi nia M. R, Azimi-Taraghdari H, Haghighi A. H. A comparison of reverse linear and daily undulating periodized resistance programs with equated volume and intensity on endurance of untrained men. Journal of Applied Exercise Physiology. 2011;6(12):119-131. (In Persian).
17. Miranda F, Simao R, Rhea M, Bunker D, Prestes J, Leite R D, et al. Effects of linear vs. daily undulatory periodized resistance training on maximal and submaximal strength gains. J Strength Cond Res. 2011; 25(7): 1824-30.
18. Simao R, Spineti J, de Salles B F, Matta T, Fernandes L, Fleck S J, et al. Comparison between nonlinear and linear periodized resistance training: Hypertrophic and strength effects. J Strength Cond Res. 2012; 26(5): 1389-95.
19. Bradley-Popovich G E. Nonlinear versus linear periodization models. Strength Cond J. 2001; 23(1): 42.
20. Guadalupe-Grau A, Perez-Gomez J, Olmedillas H, Chavarren J, Dorado C, Santana A, et al .Strength training combined with plyometric jumps in adults: Sex differences in fat-bone axis adaptations. J Appl Physiol (1985). 2009; 106(4): 1100-11.
21. Potteiger J, Lockwood R H, Haub M D, Dolezal B A, Almuzaini K S, Schroeder J M, et al. Muscle power and fiber characteristics following 8 weeks of plyometric training. J Strength Cond Res. 1999; 13(3): 275-9.
22. Herrero J A, Izquierdo M, Maffiuletti N A, Garcia-Lopez J. Electromyostimulation and plyometric training effects on jumping and sprint time. Int J Sports Med. 2006; 27(7): 533-9.
23. Chelly M S, Ghenem M A, Abid K, Hermassi S, Tabka Z, Shephard R J. Effects of in-season short-term plyometric training program on leg power, jump- and sprint performance of soccer players. J Strength Cond Res. 2010; 24(10): 2670-6.
24. McGuigan M R, Doyle T L, Newton M, Edwards D J, Nimphius S, Newton R U. Eccentric utilization ratio: Effect of sport and phase of training. J Strength Cond Res. 2006; 20(4): 992-5.
25. Impellizzeri F M, Rampinini E, Castagna C, Martino F, Fiorini S, Wisloff U. Effect of plyometric training on sand versus grass on muscle soreness and jumping and sprinting ability in soccer players. Br J Sports Med. 2008; 42(1): 42-6.
26. Knapik J J, Staab J S, Harman E A. Validity of an anthropometric estimate of thigh muscle cross-sectional area. Med Sci Sports Exerc. 1996; 28(12): 1523-30.
27. Ratamess N. ACSM's foundations of strength training and conditioning: Wolters Kluwer health/lippincott. Williams & Wilkins, USA, 1st edition; 2012.331-379.
28. Kok L Y, Hamer P W, Bishop D J. Enhancing muscular qualities in untrained women: Linear versus undulating periodization. Med Sci Sports Exerc. 2009; 41(9): 1797-807.
29. Häkkinen K. Neuromuscular adaptation during strength training, aging, detraining, and immobilization. Crit Rev Phys Rehabil Med. 1994; 6 (3): 161-98.

30. Kraemer W J, Ratamess N A. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. Sports Med. 2005; 35(4): 339-61.

31. Khodami A, Nikseresht A, Khoshnam E. The effect of 8 weeks of plyometric training on cortisol and DHEA levels in male badminton players. EJEBAU. 2014; 4(1): 265-9.

32. Ahtiainen J P, Pakarinen A, Alen M, Kraemer W J, Hakkinen K. Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. Eur J Appl Physiol. 2003; 89(6): 555-63.

33. Cadore E L, Kruel L F M. Acute and chronic testosterone responses to physical exercise and training. In. R. K. Dubey (Ed.), Sex hormones: Intech Open Access Publisher , Croatia,1st edition; 2012. P. 277-92.

34. McNamara J M, Stearne D J. Flexible nonlinear periodization in a beginner college weight training class. J Strength Cond Res. 2010; 24(1): 17-22.

35. Marques M A C. Strength training in adult elite tennis players. Strength Cond J. 2005; 27(5): 34-41.

36. Vissing K, Brink M, Lonbro S, Sorensen H, Overgaard K, Danborg K, et al. Muscle adaptations to plyometric vs. resistance training in untrained young men. J Strength Cond Res. 2008; 22(6): 1799-810.

37. Gehri D J, Ricard M D, Kleiner D M, Kirkendall D T. A comparison of plyometric training techniques for improving vertical jump ability and energy production. J Strength Cond Res. 1998; 12(2): 85-9.

38. Komi P V, Bosco C. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. Med Sci Sports. 1978; 1(4): 261-5.

شیوه استناد دهی

خدائی کاظم، حامدی نیا محمدرضا، حسینی کاخک سیدعلیرضا، دماوندی محسن. تأثیر شش هفته تمرین پلایومتریک با زمانبندی غیرخطی بر تغییرات هورمونی، هایپرتروفی عضلانی وخاصیت ارتجاعی عضلات پای مردان ورزشکار(زمانبندی غیرخطی تمرین پلایومتریک و تغییرات هورمونی). فیزیولوژی ورزشی. پاییز ۱۳۹۵؛ ۸(۳۱): ۶۲-۴۵.

Khodaei. K, Hamedinia. M. R, Hosseini Kakhak. S. A, 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. Fall 2016; 8 (31): 45-62. (Persian)

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)

K. Khodaei[1], M. R. Hamedinia[2], S. A. Hosseini Kakhak[3], M. Damavandi[4]

1. Assistant Professor at Urmia University*
2. Professor at Hakim Sabzevari University
3. Associate Professor at Hakim Sabzevari University
4. Assistant Professor at Hakim Sabzevari University

Received Date: 2015/04/11 **Accepted Date: 2015/06/22**

Abstract

Hormonal response to training is dependent on various factors. However, A few studies have examined the effects of plyometric training on hormonal changes. The purpose of present study was to investigate the effect of different periodization of plyometric training on hormonal changes, muscle hypertrophy and leg muscles elastic property. For this, thirty six male athletes (age 21.58±2.64, height 174.42± 6.01, weight 69.05±9.68) volunteered to participate in this study. Pretest was including measurements of anthropometric variables, thigh muscles CSA, leg muscles elastic index and fasting blood sampling. Then, the participants divided into three training groups include traditional, Daily undulating and weekly undulating groups and one control group. The Training program performed in 6 weeks with 3 sessions per week. 48 hours after the last training session posttest was performed. Intragroup changes analyzed by ANCOVA statistical method and LSD post hoc test. As well as, intergroup changes analyzed by paired t-test. The significant level set $P<0.05$. The findings showed that daily undulating and weekly undulating periodization of plyometric training significantly improved resting concentration of testosterone, testosterone to cortisol ratio, and thigh muscles CSA than the pretest and control group. But traditional periodization of plyometric training only improved than the pretest. All three periodization models of plyometric training weren't significant effect on leg muscles elastic index. According to the results and Percent change it seems that non-linear periodization of plyometric training has to more efficient than the traditional periodization in improvement of hormonal changes, anabolism status, muscle hypertrophy, and leg elastic muscles property.

Keywords: Periodization, Plyometric Training, Hormonal Changes, Muscle Hypertrophy, Leg Muscles Elastic Property

---

*Corresponding Author Email:K.Khodai@yahoo.com