

The Effect of Different Periodization of Plyometric Training on Electrophysiological Adaptations of Leg Muscles in Male Athletes

Kazem Khodaei^{1*}, Mohammad Reza Hamedinia², Mohsen Damavandi², Seyed Alireza Hosseini Kakhak²

¹School of physical education and sport sciences, Urmia University, Iran

²School of physical education and sport sciences, Hakim Sabzevari University, Iran

Received: 15 May, 2014 Accepted: 12 Aug, 2014

Abstract

Background & Objectives: the purpose of present study was investigating an effect of different periodization of plyometric training on electrophysiological adaptations of leg muscles in male athletes.

Material and Methods: thirty six male athletes volunteered to participate in this study. Pretest was including measurements of anthropometric variables and record electrical activity of leg muscles. Then, the participants divided into four groups include traditional, Daily undulating, weekly undulating and control groups. The Training program performed in 6 weeks with 3 sessions per week. 48 hours after the last training session posttest was performed. Between-group changes analyzed by ANCOVA statistical method and LSD post hoc test, as well as within-group changes analyzed by paired t-test.

Results: Results of present study were indicated significant increases in neuromuscular activity of hamstring muscles, gastrocnemius and gluteus major muscles in the jump phase and hamstring and quadriceps muscles in the landing phase with all three periodization models of plyometric ($p < 0.05$). As well as, quadriceps to hamstring, quadriceps to gastrocnemius and quadriceps to gluteus coactivation ratio had a significant decreases with all periodization models ($p < 0.05$). There are no significant differences in coactivation ratio among plyometric training periodization models ($p > 0.05$).

Conclusion: all three periodization models of plyometric training were improved in neuromuscular adaptations and there are no significant differences between periodization models. Therefore, total volume load of plyometric training is more important than the variation of training volume and intensity for improvement in neuromuscular adaptations.

Keywords: Training Periodization, Plyometric Training, Surface Electromyography, Neuromuscular Adaptation.

*Corresponding author

E-mail: k.khodai@yahoo.com

مقاله پژوهشی

تأثیر زمانبندی‌های مختلف تمرین پلايومتریک بر سازگاری‌های الکتروفیزیولوژیک عضلات پای مردان ورزشکار

کاظم خدائی^{۱*}، محمد رضا حامدی نیا^۲، محسن دماوندی^۳، سید علیرضا حسینی کاخک^۴

^۱دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
^۲دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری

دریافت: ۹۴/۳/۳ پذیرش: ۹۴/۵/۱۳

چکیده

زمینه و اهداف: هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر زمانبندی‌های مختلف تمرین پلايومتریک بر سازگاری الکتروفیزیولوژیک عضلات پای مردان ورزشکار بود.

مواد و روش‌ها: ۳۶ مرد ورزشکار به طور داوطلبانه در این مطالعه شرکت کردند. پیش‌آزمون شامل اندازه‌گیری متغیرهای آنتروپومتریک و ثبت فعالیت الکتریکی عضلات پا بود. سپس، آزمودنی‌ها به چهار گروه شامل موجی روزانه، موجی هفتگی و سستی و کنترل تقسیم شدند. برنامه تمرینی به مدت ۶ هفته و هر هفته ۳ جلسه انجام شد. بعد از ۴۸ ساعت از آخرین جلسه تمرین پس‌آزمون انجام شد. تغییرات بین گروهی با روش آماری ANCOVA و آزمون تعقیبی LSD و تغییرات درون گروهی با آزمون t زوجی تجزیه و تحلیل شد.

یافته‌ها: یافته‌های مطالعه حاضر افزایش معنی‌دار فعالیت عصبی-عضلانی عضلات همسترینگ، عضلات دوقلو و عضله سرینی بزرگ در فاز پرش و عضلات چهار سران و همسترینگ در فاز فرود را با هر سه تمرین پلايومتریک با زمانبندی سستی، موجی روزانه و موجی هفتگی نشان داد ($p < 0.05$). همچنین، نسبت فعال‌سازی مشترک عضلات چهارسران به همسترینگ، چهارسران به دوقلو و چهارسران به سرینی کاهش معنی‌داری با هر سه زمانبندی تمرین پلايومتریک داشت ($p < 0.05$). بین سه مدل زمانبندی تمرین تفاوت معنی‌داری در نسبت فعال‌سازی وجود نداشت ($p > 0.05$).

نتیجه‌گیری: هر سه مدل زمانبندی تمرین پلايومتریک باعث بهبود سازگاری‌های عصبی-عضلانی شد و تفاوت معنی‌داری بین مدل‌های زمانبندی وجود نداشت. بنابراین، بار حجمی کل تمرینات پلايومتریک بسیار مهم‌تر از تغییرات در شدت و حجم برای بهبود سازگاری‌های عصبی-عضلانی می‌باشد.

کلید واژه‌ها: زمانبندی تمرین، تمرین پلايومتریک، الکترومایوگرافی سطحی، سازگاری عصبی-عضلانی.

* ایمیل نویسنده رابط: k.khodai@yahoo.com

مقدمه

و بهبود همزمانی عمل (Synchronization) واحدهای حرکتی می‌شود (۴).

کنترل عصبی، شامل اجزای مرکزی و محیطی، نقش کلیدی در تشدید نیرو طی ورزش‌هایی از نوع کشش-کوتاه شدن را بازی می‌کند. اهمیت ویژه آن فعال‌سازی عضله قبل از برخورد با زمین [پیش‌فعال‌سازی (pre-activation)] و تسهیل رفلکسی طی اواخر مرحله اکستریک و ابتدای مرحله کانستریک می‌باشد (۵). بنابراین، فرض اینکه تغییرات ناشی از تمرینات پلايومتریک در کارکرد عضلانی و عملکرد دارای منشأ عصبی می‌باشد، منطقی

تمرینات پلايومتریک نوع بسیار محبوب تمرینات جسمانی و ابزار توانبخشی در بهبود آمادگی جسمانی افراد سالم و بهبود وضعیت بیماران استئوپروتیک هست (۱). تمرینات پلايومتریک شامل حرکات سریع و توانمند درگیر در انقباض برون‌گرا می‌باشد که بلافاصله به دنبال آن انقباض درون‌گرا انفجاری انجام می‌شود. این تمرینات با چرخه کشش-کوتاه شدن همراه است (۲, ۳). این نوع از تمرین باعث افزایش تحریک‌پذیری، حساسیت و واکنش-پذیری سیستم عصبی-عضلانی و نیز افزایش توان، افزایش تعداد فراخوانی واحد حرکتی، افزایش میزان شلیک عصبی (Firing rate)

پژوهش حاضر اولین پژوهشی هست که تأثیر زمانبندی مختلف تمرین پلايومتریک را بر کارکرد عصبی-عضلانی آن هم در ۹ عضله پا بررسی کرده و باهم مقایسه می‌کند. بنابراین، هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر شش هفته تمرینات پلايومتریک با زمانبندی مختلف از جمله موجی روزانه، موجی هفتگی و سستی بر فعالیت عصبی-عضلانی و نسبت فعال‌سازی مشترک عضلانی (Co-activation) عضلات پای مردان ورزشکار می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر نیمه تجربی می‌باشد. به منظور اجرای پژوهش ۴۸ بازیکن آماتور فوتبال و فوتسال شهرستان سبزوار به طور داوطلبانه در مطالعه حاضر شرکت کردند. معیارهای انتخاب بازیکنان داشتن حداقل دو سال سابقه ورزشی و نداشتن سابقه انجام تمرین پلايومتریک بود. همچنین، انجام تمرینات با وزنه در حین اجرای این مطالعه منع شده بود. بعد از اینکه شرکت‌کنندگان انتخاب شدند، در یک هفته آشناسازی با روش آزمون‌ها و روش اجرای تمرینات انجام شد. تمامی شرکت‌کنندگان پرسشنامه رضایت برای شرکت در تحقیق و پرسشنامه آمادگی برای شروع فعالیت را پر کردند. تنها ۳۶ نفر از شرکت‌کنندگان توانستند به‌طور کامل تا انتهای تحقیق همکاری داشته باشند. ویژگی‌های آنروپومتریکی و توصیفی آزمودنی‌ها در جدول شماره ۱ ارائه گردیده است. آزمون‌ها در ۴ جلسه شامل اندازه‌گیری‌های آنروپومتریکی، اوج توان بی‌هوای و الکترومیوگرافی عضلات پای برتر انجام شد. سپس، شرکت‌کنندگان به‌صورت تصادفی به چهار گروه تقسیم شدند، که سه گروه به عنوان گروه تمرین و یک گروه به عنوان کنترل انتخاب شدند. هر چهار گروه بر حسب میزان فعالیت ورزشی در هفته و اوج توان همسان‌سازی شدند. بین چهار گروه از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری در این متغیرها وجود نداشت. بازیکنان هر دو رشته فوتبال و فوتسال به‌طور مساوی در چهار گروه تقسیم شدند تا بین گروه‌ها تفاوت معنی‌داری از لحاظ میزان فعالیت و آمادگی جسمانی نباشد. ۲۴ ساعت بعد از آخرین جلسه آزمون‌گیری، پروتکل تمرینی به مدت ۶ هفته و هر هفته ۳ جلسه انجام شد. گروه کنترل نیز تمرینات بدنسازی فوتبال یا فوتسال خود را ادامه دادند. در هر جلسه آزمودنی‌ها ۱۰ دقیقه گرم کردن و سرد کردن استاندارد را انجام دادند. شرکت‌کنندگان گروه اول از زمانبندی موجی روزانه استفاده کردند که شدت و حجم تمرین به‌طور متناوب در هر جلسه تغییر کرد و اضافه بار تدریجی از طریق افزایش حجم تمرین دو هفته یک بار اعمال شد (جدول ۲). شرکت‌کنندگان گروه دوم از زمانبندی موجی هفتگی استفاده کردند که شدت و حجم تمرین هر هفته به‌طور متناوب در هر هفته تغییر کرد و اضافه بار تدریجی از طریق افزایش حجم تمرین سه هفته یک بار اعمال گردید (جدول ۳). گروه سوم از زمانبندی سستی استفاده کردند که شدت در کل برنامه ثابت بوده و اضافه بار تدریجی با افزایش حجم تمرینات اعمال شد (جدول ۳). پروتکل‌های تمرینی از لحاظ بارحجمی تمرینی یکسان‌سازی شدند. ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرینی پس‌آزمون همانند پیش‌آزمون

است. اغلب مطالعاتی که تأثیر عصبی-عضلانی تمرین پلايومتریک را بررسی کرده‌اند از روش الکترومیوگرافی سطحی طی انقباض-های ارادی بیشینه یا پرش‌های عمودی برای تشخیص تغییرات در فعالیت عصبی-عضلانی پس از مداخله استفاده کرده‌اند (۱). با در نظر گرفتن تمرین پلايومتریک، چندین مطالعه بر تغییرات فعال-سازی عضلانی طی پرش عمودی تمرکز کرده‌اند و یافته‌های ضد و نقیضی را ارائه کرده‌اند (۶-۸). دلیل این تفاوت‌ها ممکن است عدم استفاده از زمانبندی‌های ویژه (تخصص یافته) در برنامه‌ریزی تمرینات پلايومتریک باشد. زیرا، در اغلب مطالعات انجام شده روی تمرینات پلايومتریک از الگوی زمانبندی متفاوتی استفاده شده است. مطالعات اندکی از زمانبندی خطی استفاده کرده‌اند (۹، ۱۰)، در حالی‌که اغلب مطالعات از برنامه تمرینی بدون زمانبندی شده یا زمانبندی سستی استفاده کرده‌اند (۷، ۱۱، ۱۲). زمانبندی تمرین عبارت است از دستکاری روند تمرین و تغییرات منظم برای توسعه سازگاری تمرین و اجتناب از فاز عدم سازگاری و یکنواختی در پاسخ‌های تمرینی (۱۳). مدل‌های مختلفی از زمانبندی وجود دارد، ولی محققان بیشتر از دو نوع زمانبندی سستی (یا خطی) و زمانبندی موجی یا (غیرخطی) استفاده می‌کنند. زمانبندی خطی به‌طور عمده برای ورزش‌هایی که دارای یک یا دو هدف تمرینی هستند (و ورزشکاران به یک یا دو اوج در عملکردشان طی یک چرخه سالیانه نیاز دارند) مورد استفاده قرار می‌گیرد (مانند دو و میدانی). اما، زمانبندی غیرخطی بیشتر برای ورزش‌هایی توسعه یافته است که فصل رقابتی طولانی و اهداف تمرینی مختلفی دارند و نیاز است که ورزشکار خود را نزدیک به اوج در همه مسابقات طی دوره بلند مدت حفظ کند (مانند فوتبال و والیبال) (۱۳). تمرینات پلايومتریک شکلی (نوعی) از تمرینات مقاومتی است. بنابراین، بایستی از اصل اضافه بار پیش‌رونده پیروی کند و به‌طور معمول با افزایش شدت، حجم تمرین کاهش یابد (۳). تنها دو مطالعه تأثیر تمرین پلايومتریک زمانبندی شده را بررسی کرده است و آنها نیز از زمان خطی استفاده کردند (۹، ۱۰). ولی تا آنجا که ما بررسی کردیم مطالعه‌ای نیافتیم که تأثیر تمرینات پلايومتریک با زمانبندی‌های غیرخطی یا موجی را بویژه در فعالیت عصبی-عضلانی بررسی کرده باشد. به‌نظر می‌رسد که زمانبندی غیرخطی تمرینات مقاومتی به دلیل تغییر ثابت در فراخوانی واحد-های حرکتی، باعث سازگاری عصبی بیشتری شود (۱۴). نوسانات بیشتر در فراخوانی واحدهای حرکتی ممکن است سبب تخلیه واحدهای بیشتر و مختلف شود (۱۵). همچنین، زمانبندی غیرخطی تمرینات مقاومتی به دلیل اجتناب از بیش تمرینی به خاطر انعطاف در میکروسیکل‌ها، کاهش احتمالی خستگی، کاهش تأثیرات ناچیز بر تکنیک و مهارت کسب شده و کاهش احتمالی خطر آسیب ممکن است بر زمانبندی خطی برتری داشته باشد (۱۵). تغییرات متناوب در حجم و شدت به ویژه در زمانبندی موجی می‌تواند بر فعالیت عصبی-عضلانی تأثیرگذار باشد و ضرورت دارد تأثیر مدل‌های مختلف زمانبندی تمرین پلايومتریک بر سازگاری‌های عصبی-عضلانی بررسی شود.

انجام گردید. آزمون‌های مورد استفاده و ابزارهای جمع آوری داده-ها در زیر تشریح می‌شود.

قد و وزن براساس دستورالعمل کتابچه راهنمای مرجع استاندارد آنتروپومتری اندازه گیری شد. قد با استفاده از قدسنج دیواری (Seca 206, Germany) با دقت ۰/۵ سانتی متر ثبت شد. وزن بدن نیز با دقت ۰/۱ کیلوگرم با استفاده از ترازوی دیجیتال (SOEHNLE, Silver sense, Germany) اندازه‌گیری شد.

اوج توان بی‌هوای توسط آزمون وینگیت ۳۰ ثانیه اندازه‌گیری شد. به طوری که آزمودنی‌ها ابتدا به مدت ۵ دقیقه با رکاب زدن بدون وزنه روی چرخ کارسنج گرم کردند. سپس برحسب ۰/۰۷۵ وزن افراد وزنه توسط رایانه تعیین شد. شرکت‌کنندگان با علامت آزمونگر شروع به رکاب‌زدن روی چرخ کارسنج مونارک (E894, ساخت سوئد) کردند. زمانی که تعداد دور چرخ به ۱۲۰ RPM می‌رسید وزنه آزاد شده و ۳۰ ثانیه آزمون شروع می‌شد. شرکت-کنندگان ۳۰ ثانیه را با تمام توان رکاب زدند و بعد از اتمام آزمون، رایانه اوج، میانگین و حداقل توان را محاسبه کرد.

کارکرد عصبی-عضلانی با استفاده از دستگاه الکترومیوگرافی سطحی (Biovision, ساخت آلمان) اندازه‌گیری شد. برای محاسبه فعال‌سازی عضلانی و نسبت فعال‌سازی مشترک، عضلات چهارسر ران (پهن داخلی، پهن خارجی و راست قدامی)، عضلات همسترینگ (نیم وتری، نیم غشایی و دو سر رانی)، عضلات سרینی بزرگ و دوقلو در پای برتر آزمودنی‌ها در حالت انقباض ایزومتریک با لمس کردن و نسبت به طول استخوان‌ها مشخص شد. موهای آن قسمت‌ها تراشیده شد. سپس این مکان‌ها با الکل تمیز شده و الکترودها وصل گردید. فعالیت عضلانی طی پرش عمودی توسط دستگاه EMG همزمان شده با دوربین‌های دستگاه تحلیل حرکت ثبت گردید. آزمودنی‌ها سه پرش عمودی (Countermovement Jump) انجام دادند و بهترین پرش مورد آنالیز واقع شد. فعالیت الکتریکی عضلات فوق با فرکانس ۱۰۵۰ Hz در ثانیه ثبت شد. سپس سیگنال EMG با استفاده از فیلتر butterworth 4th order zero-phase-lag با فرکانس برشی بالا گذر (High pass) ۵۰۰ Hz و پایین گذر (Low pass) ۲۰ Hz فیلتر شد. همچنین، سیگنال EMG هر عضله بر اساس روش نرمال‌سازی دینامیک نرمال گردید. در این روش فعالیت الکتریکی عضله در هر لحظه از زمان حرکت به عنوان نسبتی از حداکثر فعالیت الکتریکی آن در کل دوره حرکت محاسبه می‌شود تا قابل مقایسه گردد (۱۶).

برای این کار EMG نرمال شده به صورت درصدی از حداکثر فعالیت الکتریکی در سه پرش متوالی در ۱۵ ثانیه محاسبه گردید (۱۷). با استفاده از نرم افزار تحلیل حرکت (Simi Reality Motion Systems, ساخت آلمان) و دوربین‌های همزمان شده آن با دستگاه EMG، فاز پرش (لحظه شروع فاز درون‌گرای پرش عمودی تا کنده‌شدن پا از زمین) و فاز فرود (از لحظه اوج پرش تا فرود کامل پا) مشخص گردید و داده‌های EMG زمان‌های مربوطه مورد آنالیز واقع شد. حداکثر فعالیت الکتریکی هر عضله در نرم افزار Excel محاسبه شد. میانگین داده‌های سه عضله پهن داخلی، پهن خارجی و راست قدامی به عنوان فعالیت عضلات

چهارسر ران و نیز سه عضله نیم وتری، نیم غشایی و دو سر رانی به عنوان همسترینگ و میانگین دو عضله دوقلوی خارجی و داخلی به عنوان فعالیت عضله دوقلو در نظر گرفته شد. داده‌های نرمال شده عضلات چهارسر ران و همسترینگ برای محاسبه نسبت فعال‌سازی مشترک عضلانی (Q:H) مورد استفاده قرار گرفت. نسبت فعال‌سازی مشترک به وسیله تقسیم میانگین فعالیت عضلات چهارسر ران بر میانگین فعالیت عضلات همسترینگ محاسبه می‌شود. نسبت ۱ در این روش نشان دهنده فعالیت تعادلی دو گروه عضلانی است، در حالی که نسبت بالای ۱ نشان دهنده فعالیت بیشتر چهار سر ران به همسترینگ است. به طور مشابه نسبت کمتر از ۱ نشان دهنده فعالیت بیشتر همسترینگ به چهار سر می‌باشد (۱۸). همچنین، نسبت فعال‌سازی مشترک عضلات چهارسر ران به دوقلو و چهارسر به سרینی مانند روش ذکر شده برای نسبت فعال‌سازی مشترک عضلات چهارسر ران و همسترینگ محاسبه گردید.

در تمرینات پلايومتریک حجم بر اساس تعداد کل ست‌ها و تکرارها محاسبه می‌شود. برای پلايومتریک‌های اندام تحتانی تعداد برخورد پا یا مسافت طی شده تعیین کننده حجم تمرین است. شدت تمرینات پلايومتریک نیز اغلب بر اساس دشواری حرکت، بارگیری با وزنه، سرعت، اندازه و ارتفاع جعبه‌ها و موانع استفاده شده تعیین می‌شود. در تمرین پلايومتریک نوع حرکت بیانگر شدت آن حرکت می‌باشد. پلايومتریک‌هایی هم‌چون پرش از مخروط سبک ولی پرش عمقی از روی نیمکت شدید می‌باشد (۲). در مطالعه حاضر شدت هر حرکت پلايومتریک از روی جدول ذکر شده در کتاب اساس تمرینات قدرتی و بدنسازی ACSM's Foundations of Strength Training and Conditioning) مشخص گردید (۲). بار تمرینی هر جلسه از حاصل ضرب حجم تمرین در شدت (تعداد ست‌ها X تعداد تکرارها X شدت) محاسبه شد (۱۹). با توجه به اینکه حجم و شدت تمرین رابطه معکوسی دارند، هر جا که شدت تمرین افزایش می‌یابد، باید حجم تمرین کاهش یابد (۳). برای کمی کردن بار حجمی تمرین، پلايومتریک‌های سبک، متوسط و شدید را به ترتیب در ضریب‌های ۱، ۲ و ۳ ضرب کردیم. با این روش، ما رابطه معکوس بین شدت و حجم را اعمال کردیم. در گروه‌های تمرین، پرش‌ها با تمام توان ورزشکار انجام شد. همچنین، ارتفاع موانع، مخروط‌ها و جعبه‌ها در هر سه گروه تمرینی برابر انتخاب شد. فاصله استراحتی بین ست‌ها ۱ دقیقه و بین سری‌ها ۲ دقیقه بود.

نرمال بودن توزیع داده و همگنی واریانس‌ها به ترتیب با استفاده از آزمون شاپیرو ویلک استفاده و آزمون لوون بررسی شد. برای مقایسه میانگین داده‌های چهار گروه از تحلیل عاملی کوواریانس (ANCOVA) به همراه آزمون تعقیبی LSD استفاده شد. پیش‌آزمون به عنوان کووریت قرار گرفت. برای بررسی تغییرات درون گروهی نیز از آزمون t زوجی استفاده شد. تمامی تحلیل‌ها در سطح معنی داری $P < 0.05$ انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد.

جدول ۱: ویژگی‌های آنتروپومتریک و توصیفی آزمودنی‌ها

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

جدول ۲: پروتکل تمرینی گروه زمانبندی موجی روزانه

شدت	هفته پنجم و ششم			هفته سوم و چهارم			هفته اول و دوم			نوع ورزش
	ج سوم	ج دوم	ج اول	ج سوم	ج دوم	ج اول	ج سوم	ج دوم	ج اول	
سبک	-	-	۵×۱۰	-	-	۴×۱۰	-	-	۳×۱۰	پرش از مخروط
سبک	-	-	۵×۱۰	-	-	۴×۱۰	-	-	۳×۱۰	پرش اسکات
سبک	-	۳×۱۰	۵×۱۰	-	۳×۱۰	۴×۱۰	-	۱×۱۰	۳×۱۰	لی لی کردن
متوسط	-	۳×۱۰	۵×۱۰	-	۳×۱۰	۴×۱۰	-	۲×۱۰	۲×۱۰	پرش تاک
متوسط	-	۴×۱۰	-	-	۳×۱۰	-	-	۲×۱۰	-	پرش روی جمبه
متوسط	۳×۷	۴×۱۰	-	۳×۱۰	۳×۱۰	-	۲×۱۰	۲×۱۰	-	پرش از موانع
زیاد	۳×۸	-	-	۲×۸	-	-	۱×۱۰	-	-	پرش عمقی
زیاد	۳×۸	-	-	۲×۸	-	-	۱×۱۰	-	-	پرش عمودی تک پا
زیاد	۳×۸	-	-	۲×۱۰	-	-	۱×۱۰	-	-	پرش پایک
کل بار: ۳۵۴۴		۱۵۱۶			۱۲۵۲			۷۸۰		بار تمرین

ج اول: جلسه اول، ج دوم: جلسه دوم، ج سوم: جلسه سوم

جدول ۳: پروتکل تمرینی گروه زمانبندی موجی هفتگی و گروه سستی

پروتکل تمرینی گروه زمانبندی موجی هفتگی

شدت	هفته پنجم				هفته دوم			نوع ورزش
	هفته ششم	هفته پنجم	هفته چهارم	هفته سوم	هفته دوم	هفته اول		
سبک	-	-	۴×۱۰	-	-	۳×۱۰	پرش از مخروط	
سبک	-	-	۴×۱۰	-	-	۳×۱۰	پرش اسکات	
سبک	-	۳×۱۰	۴×۱۰	-	۳×۱۰	۳×۱۰	لی لی کردن	
متوسط	-	۳×۱۰	۳×۱۰	-	۲×۱۰	۳×۱۰	پرش تاک	
متوسط	-	۳×۱۰	-	-	۲×۱۰	-	پرش روی جمبه	
متوسط	۳×۱۰	۳×۱۰	-	۲×۱۰	۲×۱۰	-	پرش از موانع	
زیاد	۲×۱۰	-	-	۱×۱۰	-	-	پرش عمقی	
زیاد	۳×۱۰	-	-	۲×۱۰	-	-	پرش عمودی تک پا	
زیاد	۳×۱۰	-	-	۲×۱۰	-	-	پرش پایک	
کل بار: ۳۵۴۰		۲۰۷۰			۱۴۷۰		بار تمرین	

پروتکل تمرینی گروه سستی

شدت	هفته پنجم و ششم		هفته سوم و چهارم		هفته اول و دوم		نوع ورزش
	هفته پنجم و ششم	هفته پنجم و ششم	هفته سوم و چهارم	هفته سوم و چهارم	هفته اول و دوم	هفته اول و دوم	
سبک	۳×۱۰	۳×۱۰	۲×۱۰	۲×۱۰	۲×۱۰	۲×۱۰	پرش از مخروط
سبک	۲×۱۰	۲×۱۰	۲×۱۰	۲×۱۰	۲×۱۰	۲×۱۰	پرش اسکات
متوسط	۳×۷	۳×۷	۳×۷	۳×۷	۲×۷	۲×۷	پرش تاک
متوسط	۴×۷	۴×۷	۳×۷	۳×۷	۲×۷	۲×۷	پرش روی جمبه‌ها
زیاد	۲×۷	۲×۷	۲×۷	۲×۷	۱×۷	۱×۷	پرش عمقی
زیاد	۳×۷	۳×۷	۲×۷	۲×۷	۱×۷	۱×۷	پرش عمودی تک پا
کل بار: ۳۵۴۶		۱۵۱۸		۱۲۴۸		۷۸۰	بار تمرینی

یافته‌ها

زمانبندی تمرین پلائیومتریک (سستی، موجی روزانه و موجی هفتگی) نسبت به پیش‌آزمون نشان داد ($p < 0.05$). همچنین، فعالیت‌های عضلانی چهارسر ران در گروه موجی روزانه و موجی هفتگی، عضلات همسترینگ در گروه سستی و موجی

میانگین و انحراف معیار فعالیت‌های عضلانی و نسبت فعال‌سازی مشترک عضلانی در جدول ۴ ارائه شده است. یافته‌های درون‌گروهی افزایش معنی‌دار فعالیت‌های عضلانی چهارسر ران، همسترینگ، دوقلو و سربینی بزرگ در فاز پرش را با هر سه

سازگاری‌های عصبی-عضلانی با استفاده از الکترومیوگرافی سطحی عضلات پا مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تمرینات پلائیومتریک با زمانبندی ستی، موجی روزانه و موجی هفتگی باعث بهبود معنی‌دار فعالیت عصبی عضلات همسترینگ، دوقلو و سرینی بزرگ در فاز پرش شد. ولی تاثیر معنی‌داری بر فعالیت عصبی عضلات چهار سران نداشت. با این حال، بین سه مدل زمانبندی تمرین پلائیومتریک تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. تمرین پلائیومتریک با زمانبندی ستی، موجی روزانه و موجی هفتگی باعث بهبود معنی‌داری در فعالیت عصبی عضلات همسترینگ و چهار سران در فاز فرود شد، در حالی که تفاوت معنی‌داری در فعالیت عصبی عضلات دوقلو و سرینی بزرگ با هر سه مدل زمانبندی تمرین پلائیومتریک نسبت به گروه کنترل در فاز فرود مشاهده نشد. نسبت فعال‌سازی مشترک عضلات چهارسر ران به همسترینگ، چهارسر ران به دوقلو و چهارسر ران به سرینی بزرگ بهبود معنی‌داری با هر سه مدل زمانبندی تمرین پلائیومتریک داشت. نتایج برخی مطالعات قبلی که از تمرینات پلائیومتریک بدون زمانبندی شده استفاده است مشابه با نتایج مطالعه حاضر می‌باشد. به طوری که تین و همکاران (۲۰۱۰)، اسدی (۲۰۱۱)، کوبو و همکاران (۲۰۰۷) بهبود فعالیت عصبی-عضلانی را پس از یک دوره تمرین پلائیومتریک مشاهده کردند (۲۰-۲۲).

هفتگی، عضلات دوقلو در گروه ستی و موجی روزانه و عضله سرینی بزرگ در گروه موجی هفتگی افزایش معنی‌داری نسبت به پیش آزمون در فاز فرود داشت ($p < 0.05$). یافته‌های بین‌گروهی افزایش معنی‌دار فعالیت عصبی عضلات همسترینگ، دوقلو و سرینی در فاز پرش و عضلات چهارسر ران و همسترینگ در فاز فرود را با هر سه تمرین پلائیومتریک با زمانبندی ستی، موجی روزانه و موجی هفتگی نسبت به گروه کنترل نشان داد ($p < 0.05$). بین سه گروه زمانبندی تمرین پلائیومتریک تفاوت معنی‌داری در فعالیت عصبی عضلات وجود نداشت ($p > 0.05$). نسبت فعال-سازی مشترک عضلات چهارسران به همسترینگ، عضلات چهارسر ران به دوقلو و عضلات چهارسر ران به سرینی کاهش معنی‌داری با هر سه زمانبندی تمرین پلائیومتریک نسبت به پیش آزمون و گروه کنترل داشت ($p < 0.05$). بین سه زمانبندی تمرین پلائیومتریک تفاوت معنی‌داری در نسبت فعال‌سازی مشترک وجود نداشت ($p > 0.05$).

بحث

هدف از مطالعه حاضر بررسی زمانبندی‌های مختلف تمرین پلائیومتریک بویژه زمانبندی موجی بر سازگاری‌های عصبی-عضلانی در مردان ورزشکار می‌باشد. اغلب مطالعات انجام شده روی تمرینات پلائیومتریک بهبود شاخص‌های آمادگی جسمانی را به سازگاری‌های عصبی-عضلانی نسبت داده‌اند. در مطالعه حاضر

جدول ۴: تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی فعالیت عصبی-عضلانی و نسبت فعال‌سازی مشترک عضلانی

متغیرها	زمان آزمون	گروه زمانبندی ستی	گروه زمانبندی موجی روزانه	گروه زمانبندی موجی هفتگی	گروه کنترل
فعالیت عصبی عضلات چهار سران (فاز پرش) %	پیش آزمون	۸۳/۲۶±۷/۳۹	۸۳/۴۱±۹/۸۳	۸۰/۹۷±۱۲/۴۷	۸۲/۶۰±۶/۱۶
	پس آزمون	† ۷۹/۵۱±۶/۰۹	† ۸۰/۶۶±۸/۲۴	† ۷۸/۷۳±۱۴/۱۰	۸۰/۵۲±۱۳/۱۷
فعالیت عصبی عضلات همسترینگ (فاز پرش) %	پیش آزمون	۸۴/۰۰±۷/۴۳	۷۸/۲۹±۸/۶۴	۷۵/۸۹±۱۶/۷۶	۸۲/۴۹±۹/۰۹
	پس آزمون	†* ۹۰/۰۱±۶/۱۹	†* ۸۶/۰۲±۶/۷۴	†* ۸۶/۰۴±۶/۶۳	۷۹/۹۶±۷/۵۴
فعالیت عصبی عضلات دوقلو (فاز پرش) %	پیش آزمون	۷۶/۱۴±۱۳/۲۴	۷۹/۲۸±۱۰/۳۹	۷۳/۶۸±۱۴/۲۱	۷۶/۹۲±۱۲/۰۷
	پس آزمون	†* ۸۷/۱۴±۱۲/۲۸	†* ۸۷/۰۰±۹/۷۳	†* ۸۱/۹۹±۱۴/۳۳	۷۳/۲۶±۱۲/۱۵
فعالیت عصبی عضله سرینی بزرگ (فاز پرش) %	پیش آزمون	۸۴/۲۷±۸/۲۸	۸۶/۷۴±۸/۲۹	۸۴/۰۲±۸/۹۹	۸۵/۱۸±۶/۹۲
	پس آزمون	†* ۹۰/۶۴±۶/۸۶	†* ۹۱/۴۵±۹/۰۴	†* ۸۸/۴۷±۱۰/۰۹	۸۳/۵۵±۵/۹۶
فعالیت عصبی عضلات چهار سران (فاز فرود) %	پیش آزمون	۸۶/۰۵±۶/۰۵	۸۵/۸۳±۶/۹۷	۸۱/۸۲±۸/۵۹	۸۵/۵۵±۶/۲۵
	پس آزمون	* ۹۰/۸۷±۶/۲۷	†* ۹۰/۸۵±۵/۰۰	†* ۸۸/۷۳±۷/۹۳	۸۱/۷۶±۹/۵۴
فعالیت عصبی عضلات همسترینگ (فاز فرود) %	پیش آزمون	۸۳/۹۴±۴/۰۰	۸۸/۲۳±۳/۹۵	۸۵/۹۶±۸/۳۴	۸۲/۴۱±۷/۸۶
	پس آزمون	†* ۸۹/۹۰±۸/۲۷	* ۹۰/۵۱±۴/۴۸	†* ۹۰/۰۷±۷/۲۹	۷۹/۷۴±۸/۶۳
فعالیت عصبی عضلات دوقلو (فاز فرود) %	پیش آزمون	۸۲/۲۱±۱۱/۵۱	۸۵/۰۷±۹/۰۴	۸۴/۳۷±۸/۱۴	۸۲/۷۶±۶/۳۴
	پس آزمون	† ۸۶/۲۶±۹/۷۱	† ۹۱/۵۲±۶/۲۸	† ۸۵/۵۲±۹/۰۸	۸۱/۷۶±۸/۲۷
فعالیت عصبی عضله سرینی بزرگ (فاز فرود) %	پیش آزمون	۸۷/۴۵±۷/۴۲	۸۷/۶۳±۸/۹۹	۸۴/۴۷±۶/۷۵	۸۷/۵۰±۸/۲۱
	پس آزمون	۸۸/۸۵±۸/۵۰	۸۹/۲۸±۵/۷۹	† ۸۹/۱۸±۷/۶۳	۹۰/۶۱±۹/۱۲
نسبت فعال‌سازی مشترک عضلات چهارسر ران به همسترینگ	پیش آزمون	۰/۹۷±۰/۱۷	۰/۹۱±۰/۲۶	۰/۹۲±۰/۳۰	۰/۹۳±۰/۲۰
	پس آزمون	†* ۰/۸۷±۰/۲۴	†* ۰/۷۳±۰/۱۹	†* ۰/۷۳±۰/۱۶	۱/۰۵±۰/۳۶
نسبت فعال‌سازی مشترک عضلات چهارسر ران به دوقلو	پیش آزمون	۱/۲۱±۰/۲۳	۰/۹۷±۰/۲۹	۱/۰۸±۰/۲۹	۰/۹۰±۰/۲۶
	پس آزمون	†* ۰/۸۸±۰/۳۰	†* ۰/۷۴±۰/۱۹	†* ۰/۸۲±۰/۲۴	۰/۹۸±۰/۲۸
نسبت فعال‌سازی مشترک عضلات چهارسر ران به سرینی	پیش آزمون	۱/۲۹±۰/۴۵	۱/۰۸±۰/۳۴	۱/۳۷±۰/۴۵	۱/۰۲±۰/۳۱
	پس آزمون	†* ۰/۹۴±۰/۳۵	†* ۰/۸۷±۰/۲۵	†* ۱/۰۲±۰/۲۷	۱/۱۳±۰/۴۴

* تفاوت معنی‌دار نسبت به گروه کنترل ($p < 0.05$)

† تفاوت معنی‌دار نسبت به پیش‌آزمون ($p < 0.05$)

آنتاگونیست نسبت به آگونیست در این مطالعه توان تولیدی عضلات آگونیست طی فاز پرش بهبود یافته باشد (۷). همچنین، افزایش همزمان فعالیت عصبی-عضلانی عضلات چهارسر ران و همسترینگ در فاز فرود ممکن است باعث ثبات زانو شود و از آسیب‌های احتمالی جلوگیری کند (۷).

عدم تفاوت معنی‌دار بین زمانبندی‌های تمرین پلايومتریک در فعالیت عصبی عضلات همسترینگ، دوقلو، سرنی بزرگ و نیز نسبت فعال‌سازی مشترک عضلات چهارسر ران به همسترینگ، چهارسر ران به دوقلو و چهارسر ران به سرنی بزرگ ممکن است به خاطر یکسان بودن بار حجمی تمرینی در هر سه مدل زمانبندی تمرین پلايومتریک باشد. بنابراین، ممکن است هر سه زمانبندی تمرین تقریباً فشار تمرینی یکسانی را در طول برنامه تمرینی وارد کرده باشد. از طرفی، با توجه به نتایج مطالعات انجام شده در زمینه تاثیر زمانبندی خطی و غیرخطی تمرینات مقاومتی در افراد تمرین کرده و تمرین نکرده (۱۴، ۱۹، ۲۷) به نظر می‌رسد ورزشکاران نخبه و بیشتر تمرین کرده نسبت به افراد مبتدی و آماتور پاسخ بهتری به زمانبندی غیرخطی تمرین می‌دهند. همچنین، هفته‌های اول تمرینات مقاومتی (تقریباً ۸ تا هفته) نوع زمانبندی تمرین مقاومتی (زمانبندی خطی، زمانبندی غیرخطی و حتی بدون زمانبندی شده) ممکن است فاکتور مهمی در کسب قدرت افراد مختلف (برای مثال نیمه‌تمرین کرده و تمرین نکرده) نباشد (۱۹، ۲۸). به نظر می‌رسد دلیل عدم تفاوت معنی‌دار بین زمانبندی‌های موجی و سستی در مطالعه حاضر کمتر بودن مدت زمان برنامه تمرینی (۶ هفته) و سطح تمرینی پایین ورزشکاران (آماتور بودن ورزشکاران) باشد.

نتیجه‌گیری

هر سه زمانبندی تمرین پلايومتریک باعث بهبود فعالیت عصبی-عضلانی و نسبت فعال‌سازی مشترک عضلات پا شد و تفاوت معنی‌داری بین زمانبندی‌های موجی و سستی وجود نداشت. به نظر می‌رسد که بار حجمی تمرینات پلايومتریک نسبت به تغییرات در شدت و حجم در برنامه تمرین پلايومتریک زمانبندی شده نقش بسزایی در سازگاری‌های عصبی-عضلانی داشته باشد. از آنجایی که بار حجمی تمرین در هر سه زمانبندی تمرین پلايومتریک یکسان بود تفاوت معنی‌داری بین سه گروه تمرین مشاهده نشد. با این حال، هر سه تمرین پلايومتریک زمانبندی شده بویژه زمانبندی‌های موجی باعث سازگاری عصبی-عضلانی بیشتری نسبت به گروه کنترل شدند.

اما، نتایج برخی مطالعات دیگر از جمله مطالعه کمبرا و همکاران (۲۰۰۴)، پتوشک و همکاران (۲۰۱۱) و رضایی منش و همکاران (۲۰۱۱) با مطالعه حاضر ناهمسو می‌باشد (۷، ۸، ۱۰). لغارت و همکاران (۲۰۰۵) تاثیر ۳ هفته تمرین پلايومتریک را بعد از ۵ هفته تمرین مقاومتی پایه بر فعالیت عصبی-عضلانی در حالت پرش عمودی بررسی کردند و نشان دادند که تمرین پلايومتریک باعث بهبود معنی‌دار فعالیت عصبی عضلات سرنی بزرگ شده و بر فعالیت عصبی عضلات همسترینگ و چهارسر ران تاثیر معنی‌داری نداشت (۶). به نظر می‌رسد دلیل برخی نتایج ناهمسو با مطالعه حاضر به خاطر کمتر بودن بار تمرینی مورد استفاده در مطالعات قبلی برای مثال استفاده از پلايومتریک‌های با شدت پایین (۶، ۲۱، ۲۲)، تعداد جلسات کمتر در هفته (۷، ۲۲)، مدت زمان کمتر برنامه تمرینی (۶، ۸) باشد. زیرا بار تمرینی و تنوع بیشتر باعث فراخوانی بیشتر واحدهای حرکتی می‌شود و بار تمرینی کمتر نیز عدم سازگاری عصبی-عضلانی و فراخوانی کمتر واحدهای حرکتی را سبب می‌شود (۲۳). تفاوت در روش‌های آزمون‌گیری فعالیت عصبی-عضلانی (الکترومیوگرافی در حالت انقباض ایزومتریک، پلاتنار فلکشن، پرش عمقی) (۷، ۸، ۱۰، ۲۲) و وضعیت تمرینی آزمودنی‌ها (۲۱، ۲۲) می‌تواند دلایل دیگر ناهمسوئی نتایج باشد. زیرا مقدار فعالیت عصبی در حالت‌های مختلف انقباض عضلانی متفاوت است و ممکن است EMG عضلات در انقباض‌های ایستا و ایزومتریک برای بررسی سازگاری‌های عصبی-عضلانی حاصل از تمرین پلايومتریک بطور کامل ویژه نباشد (۱).

مکانیسم احتمالی بهبود فعالیت عصبی-عضلانی در مطالعه حاضر همانند مطالعات قبلی انجام شده در تمرین پلايومتریک ممکن است به علت افزایش فعال‌سازی عصبی به وسیله افزایش در تعداد فراخوانی واحدهای حرکتی و میزان شلیک عصبی باشد، که هر دو این‌ها می‌تواند با تغییرات در جریان پایین رونده قشری ایجاد شود (۲۴). همچنین، بهبود همزمانی عمل واحدهای حرکتی (۲۴)، مهار افزایش یافته عضلات آنتاگونیست، هم انقباضی بهتر عضلات همکار، مکانیسم‌های محافظتی عصبی و افزایش تحریک‌پذیری واحدهای حرکتی (۲۵، ۲۶)، تغییرات در تحریک‌پذیری رفلکس کششی و افزایش فعالیت دوک‌های عضلانی از عوامل بهبود فعالیت عصبی-عضلانی در مطالعه حاضر باشد (۱). نسبت فعال-سازی مشترک عضلات چهارسر ران به همسترینگ، چهارسر ران به دوقلو و چهارسر ران به سرنی بزرگ در فاز پرش کاهش داشت. بنابراین، ممکن است با کاهش تاثیر مهاری متقابله (Inhibitory effect on reciprocal antagonistic) عضلات

References

1. Markovic G, Mikulic P. Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Med* 2010; **40**(10): 859-895.
2. Ratamess N. *ACSM's Foundations of Strength training and conditioning*. American College of Sports and Medicine: Wolters Kluwer Health, Lippincott Williams & Wilkins, 2012.
3. Potach D, Chu D. Plyometric training. In: Baechle T, Earle R, editors. *Essentials of Strength Training and Conditioning*. 7: Human kinetics Champaign, IL; 2008. PP: 413-456.
4. Clark M, Lucett S, Kirkendall DT. *NASM's essentials of sports performance training*: Lippincott Williams & Wilkins; 2010.

5. Nicol C, Avela J, Komi PV. The stretch-shortening cycle. *Sports Med* 2006; **36**(11): 977-999.
6. Lephart SM, Abt J, Ferris C, Sell T, Nagai T, Myers J, et.al. Neuromuscular and biomechanical characteristic changes in high school athletes: a plyometric versus basic resistance program. *Br J Sports Med* 2005; **39**(12): 932-938.
7. Chimera NJ, Swanik KA, Swanik CB, Straub SJ. Effects of Plyometric Training on Muscle-Activation Strategies and Performance in Female Athletes. *J Athl Train* 2004; **39**(1): 24-31.
8. Rezaimanesh D, Amiri-Farsani P, Saidian S. The effect of a 4 week plyometric training period on lower body muscle EMG changes in futsal players. *Procedia Soc Behav Sci* 2011; **15**(0): 3138-3142.
9. Ebben WP, Feldmann CR, Vanderzanden TL, Fauth ML, Petushek EJ. 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.
10. 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**: S8-S9.
11. Chelly MS, Hermassi S, Aouadi R, Shephard RJ. 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): 1401-1410.
12. Makaruk H, Sacewicz T. Effects of plyometric training on maximal power output and jumping ability. *Hum Movement* 2010; **11**(1): 17-22.
13. Gamble P. *Strength and conditioning for team sports: sport-specific physical preparation for high performance*: Routledge; 2013.
14. Monteiro AG, Aoki MS, Evangelista AL, Alveno DA, Monteiro GA, Picarro Ida C, et.al. Nonlinear periodization maximizes strength gains in split resistance training routines. *J Strength Cond Res* 2009; **23**(4): 1321-1326.
15. Bradley-Popovich GE. Nonlinear Versus Linear Periodization Models. *Strength Cond J* 2001; **23**(1): 42.
16. Robertson G, Caldwell G, Hamill J, Kamen G, Whittlesey S. *Research methods in biomechanics*, 2E: Human Kinetics; 2013.
17. Schmid S, Moffat M, Gutierrez GM. Effect of knee joint cooling on the electromyographic activity of lower extremity muscles during a plyometric exercise. *J Electromyogr Kinesiol* 2010; **20**(6): 1075-1081.
18. Begalle RL, Distefano LJ, Blackburn T, Padua DA. Quadriceps and hamstrings coactivation during common therapeutic exercises. *J Athl Train* 2012; **47**(4): 396-405.
19. Kok LY, Hamer PW, Bishop DJ. Enhancing muscular qualities in untrained women: linear versus undulating periodization. *Med Sci Sports Exerc* 2009; **41**(9): 1797-1807.
20. Tien YK, Bin TC, Yu CK. Effects of Vibration Training Combined with Plyometric Training on Muscular Performance and Electromyography. *Life Sci J* 2010; **7**(1): 78-82.
21. Kubo K, Morimoto M, Komuro T, Yata H, Tsunoda N, Kanehisa H, et.al. Effects of plyometric and weight training on muscle-tendon complex and jump performance. *Med Sci Sports Exerc* 2007; **39**(10): 1801.
22. Asadi A. The effects of a 6-week of plyometric training on electromyography changes and performance. *Sport Sci* 2011; **4**(2): 38-42.
23. Kraemer WJ, Ratamess NA. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Med* 2005; **35**(4): 339-361.
24. Chelly MS, Ghenem MA, Abid K, Hermassi S, Tabka Z, Shephard RJ. 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): 2670-2676.
25. Komi PV. Physiological and biomechanical correlates of muscle function: effects of muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed. *Exerc Sport Sci Rev* 1984; **12**: 81-121.
26. Lyttle AD, Wilson GJ, Ostrowski KJ. Enhancing Performance: Maximal Power Versus Combined Weights and Plyometrics Training. *J Strength Cond Res* 1996; **10**(3): 173-179.
27. Buford TW, Rossi SJ, Smith DB, Warren AJ. A comparison of periodization models during nine weeks with equated volume and intensity for strength. *J Strength Cond Res* 2007; **21**(4): 1245-1250.
28. Apel JM, Lacey RM, Kell RT. A comparison of traditional and weekly undulating periodized strength training programs with total volume and intensity equated. *J Strength Cond Res* 2011; **25**(3): 694-703.