علوم زیستی ورزشی _ پاییز ۱۳۹۴
دورهٔ۷، شمارهٔ۳ ، ص : ۴۰۷ – ۴۱۷
تاریخ دریافت : ۲۹ / ۱۰ / ۹۲
تاریخ پذیرش : ۱۳ / ۰۲ / ۹۳

اثر شدت اجرای یک نوبت نیم اسکوات پویا بر عملکرد و فعالیت الکتریکی عضلانی در جریان پرش عمودی پسران نوجوان ورزشکار

فاطمه صیدی*[۱]- عباس عبدالملکی[۲]- مهرداد عنبریان[۳] - رضا قهرمانی[۴]

۱. کارشناس‌ارشد فیزیولوژی ورزشی،گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، ۲. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا،۳. دانشیار، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا ، ۴. دانشجوی کارشناسی‌ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی

چکیده

هدف از این پژوهش تعیین اثر شدت اجرای یک نوبت نیم‌اسکوات پویا بر عملکرد و فعالیت الکتریکی عضلانی در جریان پرش عمودی نوجوانان ورزشکار بود. آزمودنی‌های این پژوهش ۱۲ پسر نوجوان ورزشکار بودند که در سه روز متفاوت به‌طور تصادفی یکی از سه پروتکل گرم کردن (کنترل)، گرم کردن و اجرای یک نوبت ۲ تکراری نیم‌اسکوات پویای با شدت کم (۴۰ درصد 1RM)، گرم کردن و اجرای یک نوبت ۱ تکراری نیم‌اسکوات پویای با شدت زیاد (۸۰ درصد 1RM) را انجام دادند. پس از گذشت ۴ دقیقه از اجرای هر پروتکل، از آزمودنی‌ها آزمون پرش عمودی به‌عمل آمد و فعالیت الکترومایوگرافی گروه‌های عضلانی چهارسر و همسترینگ در مرحلهٔ درون‌گرای پرش به ثبت رسید. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری استفاده شد. نتایج نشان داد که ارتفاع پرش و فعالیت الکترومایوگرافی عضلات چهارسر پس از پروتکل با شدت کم نسبت به پروتکل کنترل به‌طور معناداری افزایش یافت ($P\leq ۰/۰۵$). درحالی‌که تفاوت معنادار آماری بین اندازه‌گیری‌های تکراری در فعالیت الکترومایوگرافی گروه عضلانی همسترینگ یافت نشد ($P>۰/۰۵$). بنابراین از طریق گرم کردن ویژه شامل نیم‌اسکوات با شدت‌های کم نسبت به‌گرم کردن معمول می‌توان عملکرد پرش عمودی متعاقب را در نوجوانان ورزشکار بهبود بخشید که به‌نظر می‌رسد با تغییرات نورولوژیکی و درون‌عضلانی همراه باشد.

واژه‌های کلیدی

پرش عمودی، شدت، فعالیت الکتریکی عضله، نوجوانان ورزشکار، نیرومندسازی پس‌فعالی.

* نویسندهٔ مسئول : تلفن : ۰۹۱۸۹۵۱۶۳۱۷ Email : abdolmaleki84@gmail.com

مقدمه

در رشته‌های ورزشی گوناگون برخی از عوامل آمادگی جسمانی نسبت به عوامل دیگر نقش مهم‌تری دارد (۱۵). توان عضلانی (قدرت انفجاری) یکی از این عوامل است که در بسیاری از میادین ورزشی نقش تعیین‌کننده‌ای دارد (۵،۱۳). پژوهش‌های زیادی نشان داده‌اند که اجرای انقباض‌های ارادی بیشینه و زیربیشینه موجب بهبود موقت توان عضلانی و عملکرد پرش (عمودی، افقی یا عمقی) می‌شود، که به آن نیرومندسازی پس فعالی[1] (PAP) می‌گویند (۴،۶،۷،۹،۱۳). این پدیده می‌تواند کاربردهای زیادی از جمله برای رقابت در ورزش‌های سرعتی- توانی و طراحی روش‌های تمرین مقاومتی ترکیبی[2] داشته باشد (۶). با توجه به تمایل چشمگیر ورزشکاران و مربیان برای به‌کارگیری این پدیده در مسابقات یا طراحی تمرینات مقاومتی ترکیبی برای بهبود توان و استقامت در توان ورزشکاران خود (۵)، بررسی جنبه‌های گوناگون این پدیده ضروری به‌نظر می‌رسد. با وجود پژوهش‌های بسیار انجام‌گرفته در این زمینه، هیچ پژوهشی یافت نشد که به بررسی اثر پدیدهٔ PAP در خصوص رده‌های سنی کمتر، به‌ویژه نوجوانان، پرداخته باشد. به‌دلیل شرایط خاص فیزیولوژیکی ورزشکاران نوجوان و ملاحظات روش‌شناسانهٔ تمرینی این گروه، به‌نظر می‌رسد که نتوان توصیه‌های مربوط به افراد بزرگسال را برای آنها به‌کار برد (۱). برای مثال، در پژوهش‌های انجام‌گرفته با آزمودنی‌های تمرین‌کردهٔ مرد بزرگسال توصیه شده که اجرای نیم‌اسکوات‌های بیشینه بیشترین بهبود را در عملکرد پرش عمودی پدید می‌آورد (۱۳،۲۰)، درصورتی‌که این مسئله در مورد آزمودنی‌های زن و افراد تمرین‌نکرده به تأیید نرسیده است (۱۶،۲۰). بنابراین امکان دارد که این موضوع دربارهٔ آزمودنی‌های نوجوان نیز صدق نکند. سانتوس و جنیرا (۲۰۰۸) در پژوهشی به بررسی اثر ده هفته تمرین مقاومتی ترکیبی (که مبنای آن پدیدهٔ PAP است) بر قدرت انفجاری نوجوانان بسکتبالیست پرداختند و از شدت‌های ۱۰ تا ۱۲ تکرار بیشینه استفاده کردند (۱۷). تیماچیدیس و همکاران نیز در سال ۲۰۱۳ اثر ده هفته تمرین مقاومتی ترکیبی را بر عملکرد دوی سرعت نوجوانان بررسی کردند که برای بهره‌مندی از تأثیرات پدیدهٔ PAP از بارهایی معادل ۵ تا ۸ تکرار بیشینه استفاده کردند (۱۹). اگرچه سودمندی این شدت‌ها در این پژوهش‌ها به تأیید رسید، به‌نظر می‌رسد که برای تعیین شدت بهینه به پژوهش‌های بیشتری نیاز باشد.

1. Postactivation Potentiation (PAP)
2. Complex Resistance Training Methods

هرچند سازوکارهای مسئول در پدیدهٔ PAP به‌طور دقیق شناخته نشده است، تا کنون دو سازوکار عمده برای پدیدهٔ PAP پیشنهاد شده است؛ یکی تغییرات عصبی عضلانی و شواهد مربوط به H-Reflex[1] و دیگری فسفوریلاسیون زنجیرهٔ سبک میوزین[2] (MLC) (۱۰،۱۱). با وجود اهمیت تغییرات عصبی در پدیدهٔ PAP پژوهش‌های بسیار کمی به بررسی این تغییرات به‌وسیلهٔ الکترومایوگرافی سطحی پرداخته بودند (۷،۱۴،۱۸). البته تنها در پژوهش ستریوپولوس و همکاران (۲۰۱۰) در پی بهبود عملکرد تغییر معناداری در فعالیت الکترومایوگرافی عضلات چهارسر مشاهده شد (۱۸)، اما به‌دلیل اینکه آنها در پژوهش خود از گروه کنترل استفاده نکرده بودند، یافتهٔ حاصل از الکترومایوگرافی سطحی را با تردید همراه می‌سازد. از سوی دیگر، فرنچ و همکاران (۲۰۰۳) و جونز و لیس (۲۰۰۳) که حجم باردهی نسبتاً زیاد و زمان استراحت کمی را به‌کار برده بودند، تفاوتی را در فعالیت الکترومایوگرافی عضله‌های مورد ارزیابی همراه با بهبود عملکرد انفجاری نیافتند (۷،۱۴). بنابراین پژوهش حاضر بر آن است که به بررسی اثر شدت اجرای نیم‌اسکوات‌های پویا بر عملکرد و فعالیت الکترومایوگرافی در جریان پرش عمودی پسران ورزشکار بپردازد.

روش‌شناسی

آزمودنی‌های این پژوهش ۱۲ نفر از ورزشکاران پسر رشتهٔ هندبال ساکن شهرستان همدان بودند (سن: ۱۴/۶±۰/۴ سال، قد: ۱۸۱/۲±۵۴/۱ سانتی‌متر، وزن: ۶۸/۲±۵/۸ کیلوگرم، پیشینهٔ تمرین: ۲/۸±۱/۳ سال). آزمودنی‌ها طی شش ماه گذشته به‌صورت پراکنده دست‌کم هفته‌ای یک جلسه به تمرین مقاومتی پرداخته بودند و در شش ماه گذشته هیچ نشانه‌ای از آسیب‌دیدگی در ناحیهٔ پایین‌تنهٔ خود گزارش نکرده بودند. همچنین همهٔ آزمودنی‌ها پیش از پیوستن به فرایند پژوهش برگهٔ رضایت‌نامهٔ شرکت در پژوهش و پرسشنامهٔ سلامت و تندرستی را تکمیل کردند. آزمودنی‌ها در چهار جلسهٔ جداگانه دست‌کم به فاصلهٔ ۴۸ ساعت از یکدیگر به آزمایشگاه دعوت شدند. اولین جلسه به آشنایی و تعیین یک تکرار بیشینه در حرکت نیم‌اسکوات اختصاص یافت. آزمون یک تکرار بیشینه در حرکت نیم‌اسکوات براساس پروتکل هافمن (۱۲) و برآورد آن با استفاده از فرمول برزیسکی (۳) به انجام رسید. سپس آزمودنی در

1. Haffman Reflex
2. Myosin Light Chain

سه جلسهٔ بعدی مراجعه به آزمایشگاه، در یک طرح متقاطع[1]، یکی از سه پروتکل گرم کردن (کنترل)، گرم کردن و اجرای یک نوبت یک تکراری حرکت نیم‌اسکوات پویا با شدت ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه (شدت زیاد) و گرم کردن و اجرای یک نوبت ۲ تکراری حرکت نیم‌اسکوات با شدت ۴۰ درصد یک تکرار بیشینه (شدت کم) را برحسب تصادف اجرا می‌کردند و پس از ۴ دقیقه آزمون پرش عمودی از آنها به‌عمل می‌آمد (۱۳). در هر روز آزمودنی‌های پروتکل گرم کردن یکسانی را اجرا می‌کردند که ابتدا با سرعت ۸ تا ۹ کیلومتر بر ساعت به مدت ۵ دقیقه روی تردمیل می‌دویدند، پس از آن ۲ دقیقه به اجرای حرکات کششی (گروه‌های عضلانی چهار سر، همسترینگ، جلو و پشت ساق پا و ناحیهٔ پشت و کمر) می‌پرداختند (هر حرکت ۴ تا ۶ ثانیه) و در پایان ۵ حرکت نشست و برخاست را اجرا می‌کردند (۷،۱۶،۱۸). برای ثبت زمان پرواز در حرکت پرش عمودی آزمودنی‌ها به‌گونه‌ای روی صفحهٔ نیروی دستگاه فوت اسکن قرار می‌گرفتند (این وسیله زمان پرواز را تا هزارم ثانیه نشان می‌داد) که پاها به اندازهٔ عرض شانه از یکدیگر فاصله داشتند. آنها از حالت نیم چمباتمه (زاویهٔ زانو بین ۹۰ تا ۱۰۰ درجه) درحالی‌که دست‌های خود را در نزدیکی کمر خود نگه داشته بودند سعی می‌کردند با تمام توان به‌صورت اسکوات پرشی به سمت بالا پرش کنند، سپس با زانوهای باز روی صفحهٔ نیرو فرود بیایند. پس از ثبت زمان پرواز از فرمول ۱ برای برآورد ارتفاع پرش استفاده شد (۲).

(۱)

$$\text{Jump Height} = \frac{9.81\,\text{m.s}^{-2} \times (\text{flighttime}\ \ (\text{S}))^2}{8}$$

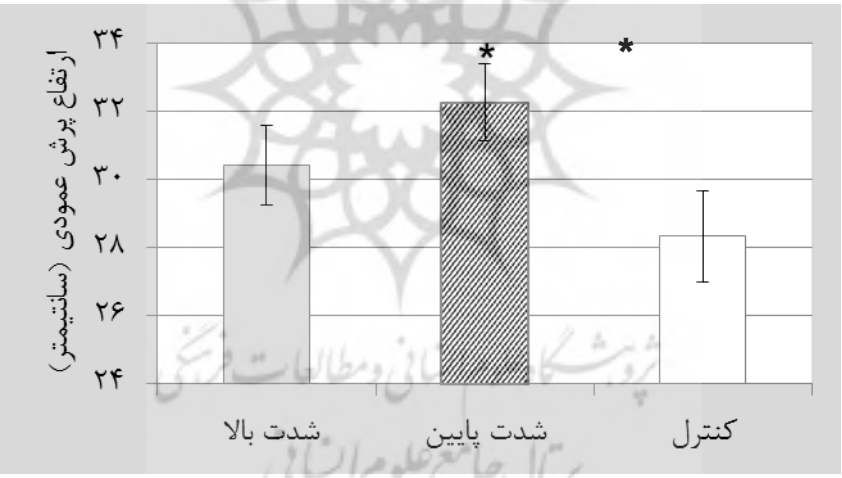
در این پژوهش فعالیت الکترومایوگرافی ماهیچه‌های پهن جانبی، پهن داخلی و راست رانی (به‌عنوان فعالیت گروه عضلانی چهارسر) و دوسررانی و نیم وتری (به‌عنوان فعالیت گروه عضلانی همسترینگ) به‌صورت سطحی ارزیابی شد (۷،۱۴،۱۸). مکان الکترودگذاری در ثبت امواج الکتریکی ماهیچه‌ها در حین پرش و MVC یکسان بود. همچنین الکترودگذاری و ثبت EMG MVC براساس روشی که در SENIAM[2] آمده است (۸)، انجام گرفت. هرچند فعالیت الکترومایوگرافی هنگام پرش به‌ثبت رسید، در این پژوهش تنها مرحلهٔ درون‌گرا یا بالا رفتن تا زمان خاموشی ماهیچه در زمان پرش مدنظر بود. شاخص الکترومایوگرافی مورد نظر در این پژوهش نسبت RMS/MVC بود. تجزیه‌وتحلیل داده‌های

1. Cross design
2. Surface EMG for Non-Invasive Assessment of Muscles (SENIAM)

حاصل از الکترومایوگرافی سطحی از نرم‌افزار مگاوین (MegaWin, version 3.0.1) و از فیلتر میان‌گذر Hz ۴۰-۱۰ استفاده شد. در ضمن از تمامی آزمودنی‌ها خواسته شد تا در طول فرایند این پژوهش به‌ویژه در روزهای اجرای آزمون از نوشیدن مواد کافئین‌دار خودداری ورزند. با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف، نرمال بودن توزیع داده‌ها تعیین شد. سپس، برای تعیین وجود تفاوت معنادار بین بین اندازه‌گیری‌ها از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری و تعیین محل معناداری از آزمون تعقیبی LSD استفاده شد ($P\leq ۰/۰۵$). در ضمن تمام محاسبه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری SPSS18 انجام گرفت.

یافته‌ها

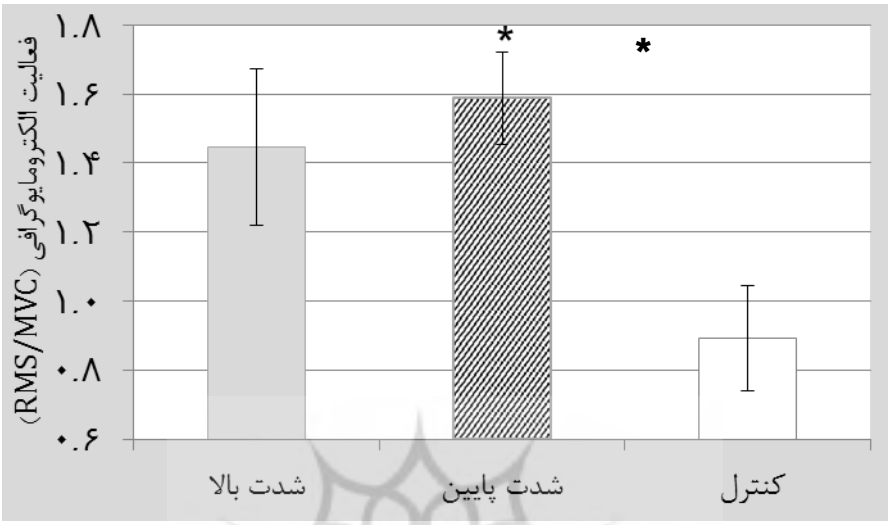
پرش عمودی. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری نشان داد که تفاوت معناداری بین اندازه‌های ارتفاع پرش عمودی پس از اجرای پروتکل‌های مورد نظر وجود دارد ($\eta 2=۰/۳۱۹$، $P=۰/۰۱۵$، $F=۵/۱۴$). نتایج آزمون تعقیبی در نمودار ۱ آورده شده است.



نمودار ۱. ارتفاع پرش عمودی پس از اجرای سه پروتکل (SE±میانگین)
*** تفاوت معنادار نسبت به پروتکل گرم کردن به‌تنهایی (کنترل) (p=۰/۰۲۸)**

فعالیت الکترومایوگرافی گروه عضلانی چهارسر ران. نتایج نشان داد که فعالیت الکترومایوگرافی گروه عضلانی چهارسر ران در جریان پرش عمودی در بین اندازه‌های تکراری تفاوت دارد ($\eta 2=۰/۲۶۶$،

P=۰/۰۳۳، F=۳/۹۹). نتایج آزمون تعقیبی مربوط به فعالیت الکترومایوگرافی گروه عضلانی چهارسر ران در نمودار ۲ آورده شده است.

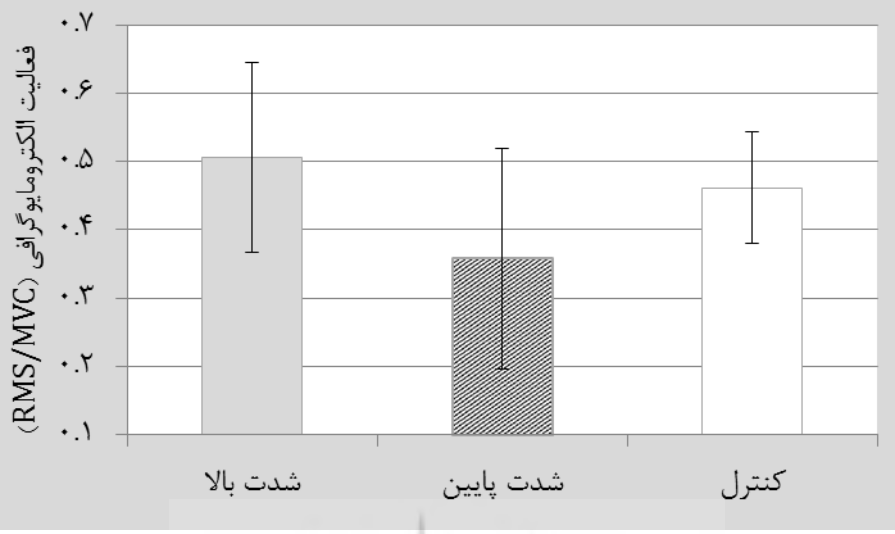


نمودار ۲. فعالیت الکترومایوگرافی گروه عضلانی چهارسر ران در جریان پرش پس از اجرای سه پروتکل (میانگین±SE)

***تفاوت معنادار نسبت به پروتکل گرم کردن به‌تنهایی (کنترل) (P=۰/۰۰۱)**

فعالیت الکترومایوگرافی گروه عضلانی همسترینگ. فعالیت الکترومایوگرافی گروه عضلانی همسترینگ در جریان پرش در بین اندازه‌های تکراری تغییر معناداری نداشت (η2=۰/۰۶۲، P=۰/۴۹۴، F=۰/۷۳). نتایج آزمون تعقیبی مربوط به فعالیت الکترومایوگرافی گروه عضلانی همسترینگ در نمودار ۳ آورده شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



نمودار۳. فعالیت الکترومایوگرافی گروه عضلانی همسترینگ در جریان پرش پس از اجرای سه پروتکل (میانگین±SE)

یافته‌ها

هدف از این پژوهش بررسی اثر اجرای نیم‌اسکوات‌های پویا با دو شدت متفاوت بر عملکرد و فعالیت الکترومایوگرافی در جریان پرش عمودی نوجوانان پسر ورزشکار بود. یافته‌ها نشان داد که اجرای یک نوبت دو تکراری نیم‌اسکوات پویا با شدت ۴۰ درصد یک تکرار بیشینه پس از گرم کردن افزایش معناداری را در ارتفاع پرش عمودی نسبت به گرم کردن به‌تنهایی به‌صورت موقت پدید می‌آورد. این یافته با یافته‌های پژوهش‌هایی که آزمودنی‌های آنها افراد تمرین‌نکرده بودند همخوانی داشت (۲۰،۲۱)، به‌طوری‌که آزمودنی‌های تمرین‌نکرده به بارهای سبک‌تر پاسخ بهتری نشان می‌دهند (۵،۲۰،۲۱). از آنجا که میزان قدرت بیشینه در ورزشکاران نوجوان تحت تأثیر شرایط سنی آنها قرار می‌گیرد (۱) و همچنین میزان بهره‌مندی از پدیدهٔ PAP از قدرت بیشینه تأثیر می‌پذیرد (۵)، به‌نظر می‌رسد که آزمودنی‌های نوجوان پاسخ بهتری را به بارهای مقاومتی کمتر نشان دهند. اگرچه پژوهشی در زمینهٔ بررسی اثر موقت[1] نیرومندسازی پس‌فعالی در آزمودنی‌های نوجوان یافت نشد، یافتهٔ دو پژوهش موجود در زمینهٔ اثر تمرین مقاومتی ترکیبی در نوجوانان، یکی با باردهی ۱۰ تا ۱۲ تکرار بیشینه (۱۷) و دیگری با

1. Acute effect

باردهی ۵ تا ۸ تکرار بیشینه (۱۹)، تا حدودی با یافتهٔ این پژوهش در خصوص شدت به‌کاررفته همراستا هستند. اگرچه ارتفاع پرش عمودی پس از باردهی ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه نسبت به گرم کردن معمول افزایش معناداری را به لحاظ آماری نشان نداد، درصد تغییرات نتیجهٔ آزمون پرش در بین این دو پروتکل (۷ درصد) مؤید اثر باردهی۸۰ درصد نسبت به پروتکل گرم کردن معمول است. از سوی دیگر نیز تفاوت معناداری به لحاظ آماری بین دو پروتکل باردهی ۴۰ و ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه یافت نشد، اما درصد تغییرات بین نتیجهٔ آزمون پرش عمودی پس از این دو پروتکل (۶ درصد) نشان داد که باردهی ۴۰ درصد در آزمودنی‌های نوجوان پاسخ بزرگ‌تری را در پی دارد.

فعالیت الکترومایوگرافی گروه عضلانی چهارسر ران در جریان آزمون پرش عمودی پس از اجرای پروتکل باردهی ۴۰ درصد یک تکرار بیشینه در حرکت نیم‌اسکوات به‌طور معناداری نسبت به پروتکل گرم کردن معمول بیشتر بود. این یافته با یافتهٔ پژوهش ستریوپولوس و همکاران (۲۰۱۰) مبنی بر افزایش معنادار فعالیت الکترومایوگرافی گروه عضلانی چهارسر ران در جریان آزمون پرش عمودی پس‌باردهی ۴۵ تا ۶۵ درصد یک تکرار بیشینه در حرکت نیم‌اسکوات در آزمودنی‌های بزرگسال (۱۸) همخوانی داشت. با این حال پژوهش‌های دیگری که بررسی اثر الکترومایوگرافی سطحی را در دستور کار خود قرار داده بودند افزایش معناداری را در فعالیت الکترومایوگرافی گروه عضلانی چهارسر ران پس از باردهی‌های زیر بیشینه و بیشینه مشاهده نکرده بودند(۷،۱۴). با این حال یافتهٔ دیگر این پژوهش، یعنی عدم تفاوت معنادار در فعالیت الکترومایوگرافی گروه عضلانی همسترینگ در جریان پرش عمودی پس سه پروتکل باردهی یادشده، با یافتهٔ جونز و لیس (۲۰۰۳) همراستا بود (۱۴). شایان ذکر است که در بین چند پژوهشی که تغییرات الکترومایوگرافی را در زمینهٔ نیرومندسازی پس‌فعالی مورد توجه قرار داده بودند، تنها جونز و لیس (۲۰۰۳) الکترومایوگرافی گروه عضلانی همسترینگ را در جریان پرش مورد نظر قرار داده بودند (۱۴). همان‌گونه‌که پیش از این دربارهٔ سازوکارهای احتمالی درگیر در پدیدهٔ نیرومندسازی پس‌فعالی بحث شد، سازوکارهای دیگر به‌جز تغییرات نورولوژیکی نیز ممکن است در این پدیده درگیر باشند، بنابراین به‌نظر می‌رسد که شاید بخشی از سازگاری کوتاه‌مدت ایجادشده در پدیدهٔ PAP را بتوان به تغییرات عصبی اندازه‌گیری‌شده با الکترومایوگرافی سطحی نسبت داد.

پژوهش حاضر نشان داد که به‌کارگیری نیم‌اسکوات‌های با شدت کم به‌صورت پویا پس از گرم کردن نسبت به گرم کردن معمول به‌تنهایی موجب افزایش عملکرد انفجاری متعاقب می‌شود که به‌نظر می‌رسد به‌دلیل یادشده در بالا، بدون کارایی این روش بتوان آن را در افزایش عملکرد انفجاری نوجوانان

ورزشکار درگیر در ورزش‌های قدرتی و توانی مورد توجه قرار داد. با توجه به نتایج این پژوهش به‌نظر می‌رسد که تفاوت‌هایی در میزان بهره‌مندی از پدیدهٔ PAP در ورزشکاران نوجوان نسبت به بزرگسالان ورزشکار وجود داشته باشد. همچنین با توجه به یافته‌های این پژوهش و پژوهش‌های دیگر احتمالاً تغییرات عصبی که به‌وسیلهٔ الکترومایوگرافی سطحی اندازه‌گیری شده شاید بتواند بخشی از بهبود عملکرد در PAP را توجیه کند و به‌نظر می‌رسد که بخشی را نیز بتوان به سازوکارهای زودگذر عضلانی نسبت داد. به‌طور کلی و با در نظر گرفتن یافته‌های این پژوهش به‌نظر می‌رسد که به‌کارگیری انقباض‌های با شدت کم پیش از اجراهای انفجاری با در نظر گرفتن ویژگی فعالیت متعاقب کارایی بیشتری نسبت به گرم کردن به‌تنهایی دارد. با این حال شایان ذکر است که شاید برای دستیابی به دیدگاه روشن‌تری دربارهٔ میزان و بهینه‌سازی اثر PAP در ردهٔ سنی نوجوانان پژوهش‌های بیشتری باید صورت پذیرد.

منابع و مآخذ

1. Blimkie, C. J. (1993). Resistance training during preadolescence. Issues and controversies. Journal of Sports Science and Medicine, 15(6):389-407.
2. Bosco, C., Luhtanen, P. and Komi P.V. (1983) A simple method for measurement of mechanical power in jumping. EuropeanJournal of Applied Physiology, 51, 129-135.
3. Brzycki, M.(1993). Strength testing: Predicting a one-rep max from reps to fatigue. Journal of Health, Physical Education, Reaction ana Dance, 64:88-90
4. Chiu, Z.L., Fry, A.C., Weiss, L.W., Schilling, B.K., Brown, L.E., & Smith, S.L.(2003). Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. Journal of Strengthand Conditioning Research, 17(4),671-677.
5. Daniel, L.(2011). Clinical Commentary postactivation potentiation: an introduction. The International Journal of Sports Physical Therapy, 6(3), 234-240.

6. Ebben, P.W., Jensen, R.A .and Blackard, D.O.(2000).Electromyographic and kinetic analysis of complex training variables .Journal of Strength and Conditioning Research 14(4), 451-456.
7. French, D.N., Kraemer, W.J., & Cooke, C.B. (2003). Changes in dynamic exercise performance following a sequence of preconditioning isometric muscle actions, Journal of Strength and ConditioningResearch, 17(4),678-685.
8. Freriks, B .and Hermens, H.(1999). SENIAM 9 :European recommendations for surface electromyography.ISBN :90-75452-14-4.Roessingh Research and Development bv.
9. Gourgoulis, V., Aggeloussis, N., Kasimatis, P., Mavromatis, G., &Garas, A. (2003) .Effect of a submaximal half-squats warm-up program on vertical jumping ability, Journal of Strength andConditioning Research, 17(2),342-344.
10. Guellich, A., &Schmidtbleicher, D .(1996). MVC-induced short-term potentiation of explosive force. New Studies in Athletics, 11(4), 67-81.
11. Hamada, T., Sale, D. G., MacDougall, J. D., &Tarnopolsky, M. A. (2000). Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. J ApplPhysiol, 88, 2131-2137.
12. Hoffman, J.R. (2006). Norms for fitness, performance and health. Champaign, Ill: Human Kinetics. 48-53.
13. Hoffman, J. R., Ratamess, N. A., Faigenbaum, A. D., Mangine, G. T., & Kang, J.(2007). Effects of maximal squat exercise testing on vertical jump performance in American college football players. Journal of Sports Science and Medicine, 6, 149-150.
14. Jones, P., & Lees, A. (2003). A biomechanical analysis of the acute effects of complex training using lower limb exercises. Journal of Strength and Conditioning Research,17(4), 694-700.
15. Ratamess, N.(2012). ACSM'S Foundations of Strength Training and Conditioning. American College of Sports Medicine. 47-51.
16. Rixon, P.K., Lamont, H.S., &Bemben, M.G. (2007). Influence of type of muscle contraction, gender, and lifting experience on Postactivation potentiation performance. Journal of Strength and ConditioningResearch, 21(2), 500-505.

17.Santos, E.J. and Janeira, M.A.(2008). Effects of complex training on explosive strength in adolescent male basketball players. J Strength Cond Res, 22:903–909.

18.Sotiropoulos, k., Ilias, S., Marios. C., Karolina, B., Angelos, S., Helen, D.,&Savvas, P. T. (2010). Effects of warm-up on vertical jump performance and muscle electrical activity using half-squats at low and moderate intensity, Journal of Sports Science and Medicine, 9**,** 326-331.

19.Tsimachidis, C., Patikas, D., Galazoulas, C., Bassa, E., & Kotzamanidis, C.(2013). The post-activation potentiation effect on sprint performance after combined resistance/sprint training in junior basketball players. Journal of Strength and ConditioningResearch, Feb 15. [Epub ahead of print].

20.Wilson, J. M., Duncan, N. M., Marin, P. J., Brown, L. E., Loenneke, J. P., Wilson, S. M., Jo, E., Lowery, R. P., & Ugrinowitsch, C. (2013). Meta-Analysis of Postactivation Potentiation and Power: Effects of Conditioning Activity, Volume, Gender, Rest Periods, and Training Status. Journal of Strength and ConditioningResearch, 27(3), 854-859.

21.Witmer, C. A., Shala, E. D., & Gavin, L. M. (2010). The acute effects of back squats on vertical jump performance in men and women. Journal of Sports Science and Medicine, 9, 206-213.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی