

The effects of two traditional and post-activation potentiation warm-up methods on ground reaction forces during squat-jump

Avazzadeh Samani S., MSc¹, Anbarian M., PhD², Ghasemi M.H., PhD Candidate³

1. MSc, Faculty of Sport Sciences, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran.

2. Professor, Faculty of Sport Sciences, BuAli Sina University, Hamedan, Iran (Corresponding Author), Tel:+98-81-3829750, anbarian@basu.ac.ir

3. PhD candidate, Faculty of Sport Sciences, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran.

ABSTRACT

Background and Aim: A proper warm-up method can be used as a strategy to improve performance of athletes in various sport fields. The purpose of the present study was to assess the effect of traditional and post-activation potentiation warm-up methods on ground reaction forces during squat jump.

Materials and Methods: Fourteen trained male athletes (age=26.5±3.64 years, weight=70±10.65 kg, height=180 ± 8.39 cm) participated voluntarily in this study. Athletes randomly performed three different warm-up protocols on three separate days: typical traditional warm-up method, static and dynamic post-activation potentiation implementing half-squat at 90% 1RM. After performing the warm-up protocols, the subjects completed squat jump test on a force platform in order to assess ground reaction forces.

Results: In the jumping and landing phases, the peak values of horizontal and vertical ground reaction forces in the traditional warm-up method were significantly lower than those in the static (P=0.001 for both phases) and dynamic (P=0.001 for both phases) PAP warm-up methods. Also, we found a significant difference in the horizontal peak ground reaction force in the jumping phase between the static and dynamic PAP warm-up methods (P=0.003). In addition, significant differences in the vertical jump height and rate of force development (RFD) were observed between the traditional and static PAP warm-up methods (P=0.001 for both methods), between the traditional and dynamic PAP warm-up methods (P=0.001 for both methods), and also between the static and dynamic PAP warm-up methods (P=0.002 and P=0.003, respectively).

Conclusion: According to the results of this study, it seems that the PAP warm-up method may have more advantage over traditional warm-up method in order to improve record and performance of the athletes during squat jump movement.

Keywords: Warm-up, Ground reaction force, Post-activation potentiation (PAP), Squat jump.

Received: Sep 6, 2017 **Accepted:** Jan 8, 2018

اثرات دو روش گرم کردن سنتی و نیرومندسازی پس فعالی بر نیروهای عکس العمل

زمین حین انجام حرکت اسکات پرش

سجاد عوض زاده سامانی^۱، مهرداد عنبریان^۲، محمدحسین قاسمی^۳

۱. دانش آموخته کارشناس ارشد، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
۲. استاد، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران (مولف مسوول)، تلفن ثابت: ۰۸۱-۳۸۲۹۰۷۵۰، anbarian@basu.ac.ir
۳. دانشجوی دکتری، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: روش گرم کردن مناسب می تواند به عنوان راهکاری برای بهبود عملکرد ورزشکاران در رشته های مختلف مورد استفاده قرار گیرد. هدف از انجام مطالعه حاضر، مقایسه اثر دو روش گرم کردن سنتی و نیرومندسازی پس فعالی بر نیروهای عکس العمل زمین حین انجام حرکت اسکات پرش بود.

روش بررسی: تعداد ۱۴ نفر ورزشکار تمرین کرده مرد (سن = $26/5 \pm 3/64$ سال، وزن = $70 \pm 10/65$ کیلوگرم، قد = $180 \pm 8/39$ سانتی متر) داوطلبانه در این مطالعه شرکت کردند. ورزشکاران بطور تصادفی در سه روز متفاوت سه روش گرم کردن سنتی (معمولی)، گرم کردن به روش نیرومندسازی پس فعالی ایستا و پویا با انجام حرکت نیم اسکات جفت پا با شدت ۹۰ درصد یک تکرار بیشینه را اجرا کردند. پس از هر یک از روش های گرم کردن، آزمون اسکات پرش بر روی تخته نیروسنج جهت ارزیابی نیروهای عکس العمل زمین انجام شد.

یافته ها: در فاز پرش و فرود، مقدار اوج نیروی عکس العمل افقی و عمودی در حالت گرم کردن سنتی از دو حالت گرم کردن نیم اسکات جفت پای ایستا ($p=0/001$ برای هر دو فاز) و پویا ($p=0/001$ برای هر دو فاز) کمتر بود. همچنین، در فاز پرش تفاوت معناداری بین دو حالت گرم کردن نیم اسکات جفت پای ایستا و پویا در نیروی عکس العمل افقی مشاهده شد ($p=0/003$). به علاوه، تفاوت معناداری در ارتفاع پرش عمودی و مقدار میانگین توسعه نیرو بین حالت گرم کردن سنتی با گرم کردن نیم اسکات جفت پای ایستا ($p=0/001$ برای هر دو روش) و پویا ($p=0/001$ برای هر دو) و بین حالات ایستا با پویا (به ترتیب: $p=0/003$ و $p=0/002$) مشاهده شد.

نتیجه گیری: با توجه به یافته های این تحقیق، به نظر می رسد استفاده از پدیده نیرومندسازی پس فعالی در فرآیند گرم کردن می تواند مزیت بیشتری نسبت به گرم کردن معمولی در بهبود رکورد و عملکرد افراد هنگام اجرای حرکت اسکات پرش داشته باشد.

کلید واژه ها: گرم کردن، نیروی عکس العمل زمین، نیرومندسازی پس فعالی، اسکات پرش.

وصول مقاله: ۹۶/۶/۱۵ اصلاحیه نهایی: ۹۶/۸/۳ پذیرش: ۹۶/۱۰/۱۸

مقدمه

ورزش مورد نظر بیان کردند (۹). بنابراین، به نظر می‌رسد که می‌توان عملکرد ورزشی را با استفاده از الگوهای حرکتی مشابه و با حداکثر تلاش در مرحله گرم کردن بهبود داد.

نیروی عکس العمل زمین، اصلی‌ترین نیرویی است که روی بدن اعمال می‌شود و در حالت ایستادن یا دویدن روی پا تأثیر می‌گذارد. این بردار نیرو، در سه جهت اعمال می‌شود و شامل یک جزء عمودی با دو جزء افقی (قدامی - خلفی و داخلی - خارجی) است که روی دستگاه صفحه نیرو اثر می‌گذارد (۱۰). با وجود بررسی‌های مختلف اثرگذاری پدیده PAP بر روی فعالیت الکتریکی عضلات (۱۱) و میزان رکورد و بهبود اجرا (۱۲)، نحوه اثرگذاری اثر این پدیده بر متغیرهای کینتیکی و نیروی عکس العمل زمین کمتر مورد بررسی قرار گرفته و نتایج ضد و نقیضی منتشر شده است. برای مثال، در یک تحقیق افزایش نیروی عکس العمل زمین بدون هیچ همبستگی با ارتفاع پرش عمودی مشاهده شد (۱۳). Weber و همکاران (۲۰۰۸) نیز طی تحقیقی کاربردهای پدیده PAP را مورد بررسی قرار دادند و مشاهده کردند که انجام حرکت اسکات با شدت بالا در مرحله گرم کردن روی توان تولیدی اندام تحتانی، ارتفاع اوج و همچنین نیروی عکس العمل زمین تأثیر حاد می‌گذارد؛ اما انجام حرکت اسکات پرش بصورت متوالی باعث کاهش ارتفاع اوج و اوج نیروی عکس العمل و افزایش میانگین نیروی عکس العمل زمین می‌شود (۱۴). همچنین، برخی تحقیقات تغییرات معناداری در رکورد پرش عمودی حین استفاده از روش گرم کردن PAP مشاهده کردند (۱۱). با این حال، مطالعات اندکی نیز بی اثر بودن و یا اثرات منفی پدیده PAP بر عملکرد را نشان داده‌اند (۱۵). با توجه به تمایل چشمگیر ورزشکاران و مربیان برای بکارگیری پدیده PAP در مرحله گرم کردن و نیز گستره نه چندان طولانی تحقیقاتی در این زمینه، بررسی جنبه‌های گوناگون این پدیده ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین، هدف از انجام تحقیق حاضر مقایسه اثر دو روش گرم کردن سنتی

امروزه ورزشکاران در جستجوی راه‌های مختلف برای افزایش عملکرد خود و در نتیجه ارتقاء رکورد و پیشگیری از آسیب هستند. گرم کردن یکی از موارد موثر در این زمینه است که می‌تواند با افزایش دما و سوخت و ساز انرژی عضله، افزایش خاصیت ارتجاعی بافت، برون‌ده قلبی، جریان خون محیطی، بهبود عملکرد دستگاه عصبی، و فراخوانی عصبی-عضلانی واحدهای حرکتی در بهبود عملکرد ورزشی اثرگذار باشد (۱۰ و ۱۲).

یکی از روش‌های جدید گرم کردن، گرم کردن با استفاده از پدیده نیرومندسازی پس‌فعالی (PAP) است. پدیده نیرومندسازی پس‌فعالی شامل انجام تمرینات بیشینه و زیربیشینه در مرحله گرم کردن است که می‌تواند در بهبود توان عضلانی (مانند حرکات پرشی افقی و عمودی) و عملکرد عصبی-عضلانی مؤثر باشد (۳ و ۴)؛ بنابراین کاربردهای فراوانی برای گرم کردن پیش از انجام ورزش‌های سرعتی-توانی دارد. برای مثال، بهبود اجرای دویدن‌های سریع (۵) و پرش (۳) متعاقب استفاده از این نوع گرم کردن مورد تأیید محققان قرار گرفته است. این در حالیست که توان عضلانی (قدرت انفجاری) از عوامل کلیدی برای دست‌یافتن به عملکرد و اجرای بهینه ورزشی است که در رشته‌های ورزشی انفرادی و گروهی مختلف نقش مهمی دارد (۶). با توجه به اصل اختصاصی بودن تمرین، گرم کردن اختصاصی می‌تواند با شبیه‌سازی حرکات یک رشته ورزشی خاص به بالا بردن هماهنگی و بهبود عملکرد کمک نماید (۷). در این زمینه، اسکات پرش یکی از تمرینات پرکاربرد ورزشی برای افزایش توان عضلانی است و به صورت ترکیب ۲ ثانیه‌ای در حداکثر خم شدن زانو انجام می‌شود (۸). منظمی و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیقی به تأثیرگذاری شدت و نوع انقباضات ارادی بر پدیده PAP پرداختند و ضمن بهبود در عملکرد و ارتفاع پرش، یکی از فاکتورهای مهم در تأثیرگذاری پدیده PAP در تمرینات توانی را بکارگیری ویژگی و الگوی حرکتی

و نیرومندسازی پس‌فعالی بر متغیرهای کینتیکی و نیروی عکس‌العمل زمین در مردان ورزشکار بود.

روش بررسی

آزمودنی‌ها: پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی بود که در آن ۱۴ مرد ورزشکار تمرین‌کرده با ویژگی‌های سن: ۲۶/۵±۳/۶۴ سال، قد: ۱۸۰±۸/۳۹ سانتی‌متر، وزن: ۷۰±۱۰/۶۵ کیلوگرم داوطلبانه در این طرح شرکت کردند. آزمودنی‌ها طی یک سال گذشته به‌صورت نامنظم حداقل هفته‌ای یک جلسه به تمرین مقاومتی پرداخته بودند و در چهارماه اخیر هیچ نشانه آسیب‌دیدگی در ناحیه پایین تنه گزارش نکرده بودند (۱۶). همه آزمودنی‌ها برگه رضایت-نامه شرکت در پژوهش و پرسشنامه سلامت و تندرستی را در ابتدای کار تکمیل کردند.

ثبت داده‌ها: برای ثبت سیگنال‌های نیروی عکس‌العمل زمین از دستگاه نیروسنج شرکت دانش‌ساز ایران ساخت کشور ایران استفاده شد. این دستگاه توانایی ثبت ۸ متغیر شامل: میزان نیرو و میزان گشتاور نیرو در هر سه محور اصلی و همینطور مختصات مرکز فشار در دو محور را دارد. برای انجام آزمون‌ها، فرکانس نمونه‌برداری دستگاه روی ۴۰۰ هرتز قرار داده شد. نحوه کالیبراسیون دستگاه نیز بصورت خودکار توسط کارخانه سازنده انجام گرفت.

روش اجرا: آزمودنی‌ها به فاصله ۷۲ ساعت پیش از شروع فرآیند پژوهش، برای تعیین یک تکرار بیشینه^۱ (IRM) در حرکت نیم‌اسکات ایستا و پویا، به آزمایشگاه بیومکانیک اندام تحتانی مراجعه می‌کردند. در این پژوهش از پروتکل هافمن برای تعیین IRM استفاده شد (۱۷). این روش برای افراد ورزشکار تمرین‌کرده کاربرد دارد. در این روش، بالاترین وزنه‌ای که می‌توان یک بار حرکت اسکات را با آن انجام داد به‌عنوان IRM در نظر گرفته می‌شود. سپس از مقدار وزنه تا حدی کم می‌شود تا ورزشکار توانایی انجام

دو تکرار را داشته باشد که در این صورت مقدار ۹۰ درصد IRM به‌دست می‌آید (۱۷). با توجه به اینکه می‌بایست زاویه زانوی آزمودنی‌ها در حرکت نیم‌اسکات ایستا ۹۰ درجه باشد (۱۸)، ارتفاع پایه اسکات طوری تنظیم می‌شد که هنگام قرارگرفتن آزمودنی در حالت نیم‌اسکات، تنها نیاز بود تا دستیاران ۵-۲ سانتی‌متر وزنه را بالا برده تا آزمودنی در حالت مناسب قرار بگیرد. در صورتیکه آزمودنی توانایی نگه‌داشتن بار معینی را برای ۴ ثانیه بدون برهم‌زدن شکل نیم‌اسکات داشت، بار وزنه پس از گذشت زمان استراحت بر اساس پروتکل هافمن افزایش می‌یافت. پس از تعیین قدرت بیشینه ایستای آزمودنی‌ها، از آن برای تعیین بار پروتکل‌ها استفاده شد. جلسه آشنایی با پروتکل‌ها و آزمون نیز در همان جلسات تعیین یک تکرار بیشینه به انجام رسید. سپس آزمودنی‌ها در سه جلسه در آزمایشگاه حضور یافته و در هر جلسه یکی از سه روش گرم کردن سنتی (معمولی)، گرم کردن به روش نیرومندسازی پس‌فعالی با انجام حرکت ایستای نیم‌اسکات جفت‌پا با شدت ۹۰ درصد یک تکرار بیشینه و گرم کردن به روش نیرومندسازی پس‌فعالی با انجام حرکت پویای نیم‌اسکات جفت‌پا با شدت ۹۰ درصد یک تکرار بیشینه را برحسب تصادف اجرا می‌کردند (۱۹). علت انتخاب تصادفی جلسات برای هر آزمودنی این بود تا تا اثر خطای منظم (سیستماتیک) و یادگیری کنترل و حذف شود. آزمودنی‌ها در هر جلسه از یک پروتکل مشترک گرم کردن عمومی همراه با روش اختصاصی گرم کردن استفاده می‌کردند؛ بدین صورت که ابتدا با سرعت ۹ کیلومتر بر ساعت به مدت ۵ دقیقه روی تردمیل می‌دویدند و پس از آن به مدت ۳ دقیقه به اجرای حرکات کششی (گروه عضلات چهارسر، همسترینگ، جلو و پشت ساق و ناحیه پشت و کمر) می‌پرداختند (هر حرکت ۴ تا ۶ ثانیه) و در انتها ۵ حرکت نشست و برخاست را اجرا می‌کردند (۱۸). پس از گذشت ۵ دقیقه از اتمام پروتکل گرم کردن (به‌عنوان زمان استراحت)، آزمودنی‌ها از حالت نیم‌اسکات (زاویه زانو بین ۹۰ تا ۱۰۰

¹ One Repetition Maximum

نهایتاً برای محاسبه ارتفاع پرش از رابطه زیر استفاده شد (۲۱):

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

تحلیل آماری: از آزمون شاپیرو-ویلک^۲ جهت بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها استفاده شد. برای شناسایی تفاوت‌های معنادار بین داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری^۳ و آزمون تعقیبی LSD (با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲) استفاده شد ($P < 0.01$).

یافته‌ها

مقایسه مقادیر اوج نیروی عکس‌العمل: در فاز پرش، مقدار اوج نیروی عکس‌العمل افقی و عمودی در حالت گرم کردن سنتی از دو حالت گرم کردن PAP ایستا (برای هر دو اوج نیرو $P = 0.001$) و PAP پویا (برای هر دو اوج نیرو $P = 0.001$) کمتر بود. در همین فاز تفاوت معناداری بین دو حالت گرم کردن PAP پویا و ایستا در مقدار اوج نیروی عکس‌العمل افقی نیز مشاهده شد ($P = 0.003$). همچنین، در فاز فرود مقدار اوج نیروی عکس‌العمل افقی و عمودی در حالت گرم کردن سنتی از دو حالت گرم کردن PAP ایستا (برای هر دو اوج نیرو $P = 0.001$) و PAP پویا (برای هر دو اوج نیرو $P = 0.001$) کمتر بود (جدول ۱).

درجه و پاها باز به اندازه عرض شانه) و درحالی‌که دست‌ها را در نزدیکی کمر خود نگه داشته بودند با تمام توان اسکات پرشی به سمت بالا را انجام می‌دادند و سپس با زانوهای باز فرود می‌آمدند (۲۰). نحوه الگوی فرود افراد نیز به صورت آزاد انجام می‌گرفت.

پردازش سیگنال‌های ثبت شده: برای تجزیه و تحلیل داده‌های نیروی عکس‌العمل بدست آمده از دستگاه نیروسنج در دو محور Z (محور ورتیکال یا عمودی) و Y (محور ساجیتال یا قدامی-خلفی)، از نرم‌افزار مربوط به دستگاه (نرم‌افزار Force Plate 4.9.410) و فیلتر پایین‌گذر مرتبه ۴ با فرکانس قطع ۱۰ هرتز استفاده شد (۲۱). در این پژوهش، حداکثر پرش عمودی به‌عنوان بالاترین ارتفاعی که فرد در حین اجرای پرش عمودی بدست می‌آورد، معرفی شد (۱۷). همچنین، نیروهای عکس‌العمل زمین در دو فاز پرش و فرود مورد بررسی قرار گرفتند؛ بطوریکه فاز پرش از ۱۰۰ میلی ثانیه قبل از ۵ درصد افزایش در مقدار پایه تا لحظه‌ای که مقادیر نیروی عکس‌العمل صفر می‌شود (زمان جداسدن پاها از روی دستگاه) در نظر گرفته شد. فاز فرود نیز از لحظه‌ای که مقادیر نیروی عکس‌العمل از صفر به مقدار مثبت تغییر کند تا ۱۰۰ میلی ثانیه بعد از آن در نظر گرفته شد (۲۱). برای نرمالیزه کردن اوج نیرو، نیروی عکس‌العمل عمودی زمین به وزن همان فرد و نیروی عکس‌العمل افقی نیز به مقدار میانگین نیروی عکس‌العمل افقی در این حالت تقسیم می‌شد؛ به عبارت دیگر، مقادیر اوج نیروی عکس‌العمل افقی و عمودی به ترتیب بر مقدار پایه محور افقی و عمودی تقسیم شدند. برای محاسبه میزان توسعه نیرو نیز میزان اوج نیرو در محور عمودی در فاز پرش بر زمان رسیدن به اوج تقسیم شد. زمان پرواز^۱ برابر حد فاصل زمانی لحظه جداسدن پا از زمین (مقدار نیرو برابر صفر) تا لحظه مثبت شدن مجدد مقدار نیرو در نظر گردید؛

² Shapiro-Wilk

³ ANOVA with repeated measures test

¹ Flight phase

جدول ۱. مقایسه مقادیر اوج نیروی عکس العمل در دو محور و فاز در حالات مختلف (میانگین \pm انحراف استاندارد)

متغیر	گرم کردن سنتی	گرم کردن PAP ایستا	گرم کردن PAP پویا
اوج نیرو در فاز پرش (Z) (درصد وزن بدن)	۱/۹۸۷ \pm ۰/۱۹ [#]	۲/۱۹۶ \pm ۰/۱۸ [*]	۲/۱۶۲ \pm ۰/۲۴ [#]
اوج نیرو در فاز پرش (Y) (درصد وزن بدن)	۲/۷۷۱ \pm ۰/۸۵ [#]	۳/۳۳۹ \pm ۰/۸۳ [^]	۳/۱۲۱ \pm ۰/۸۵ [^]
اوج نیرو در فاز فرود (Z) (درصد وزن بدن)	۳/۶۱۵ \pm ۰/۵۰ [#]	۴/۷۶۸ \pm ۰/۷۴ [*]	۴/۵۴۶ \pm ۰/۶۲ [^]
اوج نیرو در فاز فرود (Y) (درصد وزن بدن)	۳/۶۲۲ \pm ۰/۷۳ [#]	۵/۱۱۳ \pm ۱/۳۹ [*]	۴/۵۹۸ \pm ۱/۰۱ [^]

^{*} = تفاوت معنادار بین وضعیت سنتی با ایستا، [#] = تفاوت معنادار بین وضعیت سنتی با پویا، [^] = تفاوت معنادار بین وضعیت ایستا با پویا.

۳-۲. مقایسه مقدار میانگین توسعه نیرو (RFD) و میزان ارتفاع پرش عمودی: مقدار میانگین توسعه نیرو تنها برای فاز پرش و در محور Z محاسبه گردید. تفاوت معناداری بین حالت گرم کردن سنتی با گرم کردن PAP ایستا و پویا برای هر دو متغیر میزان RFD (برای هر دو $P=0/001$) و

ارتفاع پرش عمودی (برای هر دو $P=0/001$) مشاهده شد؛ همچنین، بین گرم کردن PAP ایستا و PAP پویا تفاوت معناداری در میزان RFD ($P=0/003$) و ارتفاع پرش عمودی ($P=0/002$) مشاهده شد (جدول ۲).

جدول ۲. مقایسه مقادیر میانگین توسعه نیرو و ارتفاع پرش عمودی بین وضعیت‌های مختلف (میانگین \pm انحراف استاندارد)

متغیر	گرم کردن سنتی	گرم کردن PAP ایستا	گرم کردن PAP پویا
میزان توسعه نیرو (N/S)	۱/۹۸۷ \pm ۰/۱۹ [#]	۲/۱۹۶ \pm ۰/۱۸ [*]	۲/۱۶۲ \pm ۰/۲۴ [#]
میزان ارتفاع پرش (سانتی‌متر)	۳۱/۶۶ \pm ۲/۷ [#]	۴۰/۱۶ \pm ۴/۹۵ [^]	۳۷/۸۴ \pm ۳/۷۹ [^]

^{*} = تفاوت معنادار بین وضعیت سنتی با ایستا، [#] = تفاوت معنادار بین وضعیت سنتی با پویا، [^] = تفاوت معنادار بین وضعیت ایستا با پویا.

بحث

هدف از انجام پژوهش حاضر، مقایسه اثر دو روش گرم کردن سنتی و نیرومندسازی پس‌فعالی بر نیروهای عکس العمل زمین حین انجام حرکت اسکات پرش بود. طبق نتایج مطالعه حاضر، افزایش معناداری در اوج نیروی عکس العمل افقی و عمودی در گرم کردن PAP ایستا و پویا نسبت به گرم کردن سنتی در فاز پرش وجود داشت. همچنین، افزایش معناداری در حالت PAP ایستا نسبت به پویا در فاز پرش برای نیروی عکس العمل افقی مشاهده شد. در فاز فرود، افزایش معناداری در گرم کردن PAP ایستا و پویا نسبت به گرم کردن سنتی در هر دو محور افقی و عمودی وجود داشت. نتایج این مطالعه با مطالعات Cilli و همکاران (۲۳)، Crum و همکاران (۲۴)، Weber و همکاران (۱۴) و Boyd و همکاران (۲۵) همخوانی دارد.

Cilli و همکاران، با بررسی مقاومت‌های ۱۰-۲ درصد وزن بدن در پروتکل گرم کردن فعال، افزایش معناداری در اوج نیروی عکس العمل عمودی برای مقاومت‌های بالا گزارش کردند. این در حالیست که در تحقیق آن‌ها از مقاومت کم و دستگاه سیم کش برای اعمال بار استفاده شد؛ در صورتیکه در تحقیق حاضر از اسکات با شدت‌های بیشینه استفاده شد (۲۳). Crum و همکاران، نیز با اعمال بارهای متوسط در مرحله گرم کردن، افزایش معناداری در اوج نیروی عکس العمل عمودی مشاهده کردند (۲۴). با این حال، عدم بررسی نیروی عکس العمل در محور افقی و انجام حرکت افت پرش به جای اسکات پرش، از تفاوت‌های موجود در مطالعه آن‌ها با تحقیق حاضر بود. Weber و همکاران، نیز تفاوت معناداری در اوج نیروی عکس العمل عمودی مشاهده کردند و تغییر فیبرهای عضلانی و بالا بودن فیبر عضلانی

گرم کردن سنتی (معمولی) و همینطور در حالت نیرومندسازی پس‌فعالی ایستا بیشتر از حالت پویا بود که با نتایج مطالعه Crum و همکاران، همسو است. آن‌ها با انجام اسکات پویا با شدت متوسط افزایش معناداری در RFD حرکت افت پرش مشاهده کردند (۲۴). با این حال، نتایج این مطالعه با نتایج مطالعه Dropp و همکاران، که تفاوت معناداری در حالت گرم کردن معمولی و اسکات ایستا مشاهده نکردند (۸)، همخوانی ندارد. این تناقض احتمالاً مربوط به ویژگی‌های افراد شرکت کننده و حجم پروتکل متفاوت باشد. همچنین، Hanson و همکاران، با مقایسه انجام حرکت اسکات در پروتکل‌های گرم کردن در بین ۳۰ ورزشکار تمرین کرده، تفاوت معناداری در ضربه لحظه‌ای یا اوج نیروی عکس‌العمل و یا کاهش زمان تماس پا مشاهده نکردند (۱۵). از طرف دیگر، Abdolmaleki و همکاران، اثر دو نوع انقباض ایستا و پویا با شدت بیشینه و زیربیشینه را در بین ورزشکاران رشته دو و میدانی بررسی کردند و نشان دادند که ارتفاع پرش پس از گرم کردن به همراه پروتکل‌های نیم اسکات ایستا و پویای زیربیشینه نسبت به گرم کردن معمولی افزایش یافت (در حالت ایستا از پویا بیشتر بود) (۱۹)؛ آن‌ها پیشنهاد دادند که کارایی این روش در افزایش عملکرد انفجاری در ورزش‌های توانی-انفجاری بسیار سودمند واقع گردد. نتایج تحقیقات Fletcher و همکاران، و Hamada و همکاران، نیز موید اثرگذاری پدیده نیرومندسازی پس‌فعالی بر افزایش عملکرد پرش بود و با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت (۲۷ و ۱۲).

با مرور مطالعات، به نظر می‌رسد که شیوه بکارگیری پدیده PAP و ویژگی‌های آناتومیکی افراد (۲۶)، سطح آمادگی و حرفه‌ای بودن ورزشکار (۱۳)، شدت انقباض (۱۶ و ۲۶) و نوع انقباض (۹)، میزان استراحت و ریکاوری بین تمرین و اجرا (۱۴)، نوع پروتکل (۱۵) و حجم پروتکل تمرینی (۱۳) می‌توانند در نحوه اثرگذاری این پدیده موثر باشند. برای مثال، Rixon و همکاران، به مقایسه اثر انقباض

نوع ۲ را علت احتمالی این تغییرات بیان نمودند (۱۴)؛ اما آن‌ها میزان اوج نیرو در فاز فرود و همینطور حرکت اسکات ایستا را بررسی نکردند. Boyd و همکاران، نیز با مقایسه حرکت اسکات ایستا و پویا با شدت ۱۵۰ درصد یک تکرار بیشینه در مراحل گرم کردن، افزایش معناداری در اوج نیروی عکس‌العمل عمودی نسبت به گرم کردن معمولی گزارش کردند (۲۵)؛ با این حال، با توجه به شدت بالای این حرکت انجام آن به‌ندرت امکان‌پذیر است. مطابق با پیشنهاد این دسته از مطالعات، افزایش در نیروی عکس‌العمل عمودی زمین متعاقب استفاده از روش گرم کردن PAP به دلیل بهبود عملکرد عصبی-عضلانی ایجاد می‌شود. از طرف دیگر، نتایج تحقیق حاضر با نتایج مطالعه Khamoui و همکاران (۱۳) و Hanson و همکاران (۱۵) ناهمسو است. Khamoui و همکاران، با انجام ۲ ست ۵ تکراری و شدت ۸۵ درصد اسکات پویا روی افرادی که بصورت تفریحی تمرین کرده بودند کاهش معناداری در اوج نیروی عکس‌العمل عمودی مشاهده کردند (۱۳) که به نظر می‌رسد سطح آمادگی افراد و حجم پروتکل تمرینی از دلایل ایجاد این تناقضات باشند. Hanson و همکاران، نیز با مقایسه حرکت با شدت پایین و بالا روی دستگاه اسمیت، تفاوت معناداری در اوج نیروی عکس‌العمل عمودی مشاهده نکردند (۱۵) که احتمالاً این دستگاه تنها بر اکستنسورهای زانو اعمال بار می‌کند و نمی‌تواند تحریک بالایی در سایر عضلات مهم در انجام پرش ایجاد کند. از طرفی، مطالعه‌ای که به بررسی نیروی عکس‌العمل افقی پردازد توسط محقق یافت نشد. با این حال، Dobbs و همکاران، اهمیت استفاده از نیروی افقی و عمودی را برای اندازه‌گیری دقیق عملکرد ورزشکاران نشان دادند و بیان نمودند که افزایش نیروی عکس‌العمل افقی باعث ایجاد نیروی برشی خلفی در زانو شده که برای جلوگیری از آسیب رباط ACL نیز نقش مهمی ایفا می‌کند (۲۶).

همچنین، میزان RFD و ارتفاع پرش بطور معناداری در حالت گرم کردن با روش PAP ایستا و پویا بیشتر از حالت

پس‌فعالی با ایجاد تغییر درون عضلانی و افزایش فعالیت عضلات باعث افزایش میزان نیروهای عکس‌العمل زمین و بهبود عملکرد می‌شود (۱۹). با توجه به عدم دسترسی به سیستم آنالیز حرکت برای تحلیل سینماتیکی به‌عنوان محدودیت این تحقیق، پیشنهاد می‌شود تغییرات بیومکانیکی ناحیه تنه در مطالعات آینده به منظور تحلیل دقیق‌تر ارزیابی شود. با تمام این تفاسیر، با توجه به محدودیت‌های متعدد و پیشینه پژوهشی مورد بحث در این زمینه، انجام تحقیقات آتی به‌منظور شناخت دقیق‌تر این روش گرم کردن در شرایط ورزشی و مسابقاتی مورد نیاز می‌باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های این تحقیق و تغییرات مشاهده شده در میزان نیروهای عکس‌العمل زمین و ارتفاع پرش، به‌نظر می‌رسد استفاده از پدیده نیرومندی‌سازی پس‌فعالی در فرآیند گرم کردن مزیت بیشتری نسبت به گرم کردن معمولی در بهبود رکورد و عملکرد افراد هنگام اجرای حرکت اسکات پرش داشته باشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله منتج از پایان‌نامه مقطع تحصیلی کارشناسی ارشد نویسنده اول (سجاد عوض‌زاده سامانی) مصوب دانشگاه بوعلی‌سینا با کد ۲۳۰۹۰۸۸ می‌باشد. از مسئولین محترم آزمایشگاه تحقیقاتی بیومکانیک اندام تحتانی دانشگاه بوعلی‌سینا و تمامی ورزشکارانی که به‌عنوان آزمودنی در این پژوهش شرکت کردند سپاسگزاریم.

ارادی ایزومتریک و پویا پرداختند و نشان دادند که انقباض ایزومتریک نسبت به انقباض پویا دارای اثر بیشتری بر عملکرد انفجاری متعاقب است (۲۸). Hamada و همکاران (۲۰۰۰) نیز بیان کردند که اثر استفاده از روش PAP به شیوه بکارگیری آن و ویژگی‌های ساختاری جسمانی افراد بستگی دارد (۲۷). Chiu و همکاران، نیز ضمن نشان دادن افزایش ارتفاع هنگام استفاده از پدیده نیرومندی‌سازی پس‌فعالی، مشاهده کردند پاسخ به PAP در افراد تمرین کرده بهتر بوده است (۲۹). نکته مهم در این زمینه این است که ویژگی افراد در میزان و نحوه اثرگذاری پدیده PAP بسیار تعیین‌کننده می‌باشد؛ بطوریکه برخی تحقیقات ذکر کرده‌اند که آزمودنی‌های دارای تارهای تند انقباض بیشتر و یا ورزشکاران رشته‌های توانی - انفجاری احتمالاً بیشتر از سایر افراد از این پدیده بهره‌مند می‌گردند (۱۹). در زمینه نحوه اثرگذاری پدیده PAP، تحقیقات اخیر نشان داده‌اند که افزایش معناداری در میزان فعالیت و فرکانس عضلات درگیر در حرکت حین استفاده از این روش گرم کردن ایجاد می‌شود که این مسئله ممکن است به دلیل فراخوانی واحدهای حرکتی بیشتر و افزایش سرعت انتقال پتانسیل عمل در سطح سارکومر باشد؛ این افزایش باعث تغییر و همزمان‌سازی پل‌های عرضی می‌شود و در نتیجه سطح تولید نیروی عضله افزایش یافته و عملکرد آن بهبود پیدا می‌کند (۲۹). برای مثال، صیدی و همکاران، نشان دادند که ارتفاع پرش عمودی به‌خصوص در تمرین نیم-اسکات با شدت کم افزایش معناداری می‌یابد و سازوکارهای دیگری همچون افزایش در فعالیت الکتریکی عضلات عامل ایجاد این تغییرات می‌باشند (۱۱). در یک مطالعه دیگر نیز فراخوانی واحدهای حرکتی بزرگتر را عامل افزایش میزان RFD بیان شد (۳۰). بنابراین، با توجه به اینکه میزان فعالیت و فرکانس عضلات به تغییرات درون عضلانی وابسته است و نتایج این تحقیقات از اثرگذاری پدیده PAP بر این عوامل حمایت کرده‌اند؛ ممکن است اینگونه فرض کرد که گرم کردن به روش نیرومندی‌سازی

Reference

1. Smith CE, Hannon JC, McGladrey B, Shultz B, Eisenman P, Lyons B. The effects of a postactivation potentiation warm-up on subsequent sprint performance. *Hum Mov* 2014;15:36–44.
2. Balilioni G, Nepocaty S, Ellis CM, Richardson MT, Neggers YH, Bishop PA. Effects of different types of warm-up on swimming performance, reaction time, and dive distance. *J Strength Cond Res* 2012;26:3297–303.
3. Tillin NA, Bishop D. Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sport Med* 2009;39:147–66.
4. Docherty D, Hodgson MJ. The application of postactivation potentiation to elite sport. *Int J Sports Physiol Perform* 2007;2:439–44.
5. Faulkner SH, Ferguson RA, Gerrett N, Hupperets M, Hodder SG, Havenith G. Reducing muscle temperature drop post warm-up improves sprint cycling performance. *Med Sci Sports Exerc* 2013; 45:359-65.
6. Church JB, Wiggins MS, Moode FM, Crist R. Effect of warm-up and flexibility treatments on vertical jump performance. *J Strength Cond Res* 2001;15:332–6.
7. Little T, Williams AG. Effects of differential stretching protocols during warm-ups on high-speed motor capacities in professional soccer players. *J Strength Cond Res* 2006;20:203-7.
8. Dropp MW. The Effects of an Isometric Quarter Squat on Countermovement Jump Performance. *WWU Graduate School Collection* 2015; 460: 1-90.
9. Monazami A, Hematfa A. Effects of intensity and voluntary contraction on vertical jump volleyball players young man. *J Res Biol Sci Sport* 2011;11:41–6.
10. Winter DA. Biomechanics and motor control of human movement. 4th ed. John Wiley & Sons, Inc; 2009; 384.
11. Saidi F, Abdolmaleki A, Anbarian M, GHahremani R. The effect of implementing a dynamic squat half times the performance and activities during the electrical muscular athletes vertical jump adolescent boys. *J Sport Biomotor Sci* 2015;11:407–17. [in Persian]
12. Fletcher IM. An investigation into the effect of a pre-performance strategy on jump performance. *J Strength Cond Res* 2013;27:107–15.
13. Khamoui A V, Brown LE, Coburn JW, Judelson DA, Uribe BP, Nguyen D et al. Effect of potentiating exercise volume on vertical jump parameters in recreationally trained men. *J Strength Cond Res* 2009;23:1465–9.
14. Weber KR, Brown LE, Coburn JW, Zinder SM. Acute effects of heavy-load squats on consecutive squat jump performance. *J Strength Cond Res* 2008;22:726–30.
15. Hanson ED, Leigh S, Mynark RG. Acute effects of heavy-and light-load squat exercise on the kinetic measures of vertical jumping. *J Strength Cond Res* 2007;21:1012–7.
16. Sotiropoulos K, Smilios I, Christou M, Barzouka K, Spaias A, Douda H. Effects of warm-up on vertical jump performance and muscle electrical activity using half-squats at low and moderate intensity. *J Sports Sci Med* 2010;9:326–31.
17. Hoffman J. Norms for fitness, performance, and health. *Human Kinetics*; 2006: 232.
18. Kovačić E, Klino A, Babajić F, Bradić A. Effects of maximum isometric contraction on explosive power of lower limbs (jump performance). *Sport Sci Pract Asp* 2010;7:69–75.
19. Abdolmalekl A, Motamedi P, Anbarian M, Rajabi H. The effect of type and intensity of voluntary contractions on some of vertical jump's electrophysiological variables in track and field athletes. *Olympic* 2013;4:7–17.

20. Mackala K, Stodólka J, Siemienski A, Coh M. Biomechanical analysis of squat jump and countermovement jump from varying starting positions. *J Strength Cond Res* 2013;27:2650–61.
21. Gheller RG, Dal Pupo J, Ache-Dias J, Detanico D, Padulo J, dos Santos SG. Effect of different knee starting angles on intersegmental coordination and performance in vertical jumps. *Hum Mov Sci* 2015;42:71–80.
22. Seitz LB, de Villarreal ES, Haff GG. The temporal profile of postactivation potentiation is related to strength level. *J Strength Cond Res* 2014;28:706–15.
23. Cilli M, Gelen E, Yildiz S, Saglam T, Camur MH. Acute effects of a resisted dynamic warm-up protocol on jumping performance. *Biol Sport* 2014; 31: 277–82.
24. Crum AJ, Kawamori N, Stone MH, Haff GG. The acute effects of moderately loaded concentric-only quarter squats on vertical jump performance. *J Strength Cond Res* 2012;26:914–25.
25. Boyd DA, Donald N, Balshaw TG. Comparison of Acute Countermovement Jump Responses After Functional Isometric and Dynamic Half Squats. *J Strength Cond Res* 2014;28:3363–74.
26. Dobbs CW, Gill ND, Smart DJ, McGuigan MR. Relationship between vertical and horizontal jump variables and muscular performance in athletes. *J Strength Cond Res* 2015;29:661–71.
27. Hamada T, Sale DG, MacDougall JD, Tarnopolsky MA. Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. *J Appl Physiol* 2000;88:2131–7.
28. Rixon KP, Lamont HS, Bemben MG. Influence of type of muscle contraction, gender, and lifting experience on postactivation potentiation performance. *J Strength Cond Res* 2007;21:500–5.
29. Chiu LZF, Fry AC, Weiss LW, Schilling BK, Brown LE, Smith SL. Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *J Strength Cond Res* 2003;17:671–7.
30. Miller J, Croce R, Smith W, Horvat M. Contraction intensity and velocity on vastus lateralis SEMG power spectrum and amplitude. *Percept Mot Skills* 2012;114:847–56.
31. Esformes JI, Cameron N, Bampouras TM. Postactivation potentiation following different modes of exercise. *J Strength Cond Res* 2010;24:1911–6.