

Effect of post-activation potentiation in different time intervals on the explosive power in athlete girls

Sayeh Satavand^{1*}, Masoud Nikbakt², Abdol Hamid Habibi³

1. MSc in Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sports Sciences, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran.

2. Associate Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sports Sciences, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran.

3. Full Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sports Sciences, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran.

Abstract

Background and Aim: Warm-up is one of the factors that influence the success and improvement of athletes record. The post-activation potentiation can be considered as one of the new methods of warm-up. During fast and dynamic activities, there is a high level of neuromuscular activation, so the exercises with maximum loads can activate the central nervous system to create suitable condition for explosive activity. The purpose of this study was to investigate the effect of post-activation potentiation in different rest periods on the explosive power of athlete girls. **Materials and Methods:** In this semi-experimental study, 12 female athletes (mean body mass index 21.1 ± 4.40 kg/m², and age 23.28 ± 1.98 years) performed a countermovement Jump test using force plate. Then, they performed the squat movement with three repetitions, with 85% of one maximum repetition, and after 30 seconds of passive rest, they repeat the same countermovement Jump test. After that, the same test was carried out with one, two, three, and five minutes passive rest. For statistical analysis, the Shapiro-Wilk normality test and analysis of variance with repeated measure method and Bonferroni's post hoc test were used. All statistical analyzes were performed by SPSS software and significant level set at $p < 0.05$. **Results:** The results indicated that the reverse countermovement jump in post-tests were significantly higher at 30 second ($p=0.001$), 1 minute ($p=0.001$), 2 minutes ($p=0.001$) and 3 minutes ($p=0.001$) compared to pre-test; but despite a slight increase in countermovement jump with 5 minutes rest, this test did not change significantly ($p=0.43$) compared to the pre-test. **Conclusion:** It seems that the use of squat movement after warm-up will increase the explosive performance, which can be beneficial in power, speed and explosive power sports.

Keywords: Post-activation potentiation, Countermovement Jump, Warm up.

Cite this article:

Satavand, S., Nikbakt, M., & Habibi, A. H. (2021). Effect of post-activation potentiation in different time intervals on the explosive power of athlete girls. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*, 9(17), 46-57.

*Corresponding Author, Address: Faculty of Sport Sciences, Shahid Chamran University, Golestan Highway, Ahvaz, Khuzestan, Iran;

Email: Sayeh.Satavand@gmail.com

 <https://doi.org/10.22077/jpsbs.2019.2277.1480>



تأثیر پتانسیل پس فعالسازی در زمانهای استراحتی متفاوت بر توان انفجاری دختران ورزشکار

سایه ستانوند^{۱*}، مسعود نیکبخت^۲، عبدالحمید حبیبی^۳

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران.
۲. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران.
۳. استاد گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: یکی از عوامل تأثیرگذار در موفقیت و بهبود رکورد ورزشکاران، گرم کردن است. پتانسیل پس فعالسازی یکی از روش‌های نوین گرم کردن است. هنگام فعالیت‌های سریع و پویا، فعالسازی عصبی-عضلانی بالایی وجود دارد و تمرینات با بار بیشینه، باعث فعال شدن سیستم عصبی مرکزی و ایجاد شرایطی مناسب برای اجرای فعالیت‌های انفجاری می‌شوند. هدف از تحقیق حاضر، بررسی تأثیر پتانسیل پس فعالسازی در زمان‌های استراحتی متفاوت، بر توان انفجاری دختران ورزشکار بود. **روش تحقیق:** در این تحقیق نیمه تجربی، ۱۲ دختر ورزشکار (میانگین شاخص توده بدنی 21.1 ± 4.4 کیلوگرم بر متر مربع و سن 23.28 ± 1.98 سال) آزمون پرش عمودی معکوس (CMJ) را با استفاده از صفحه نیروسنج اجرا کردند. پس از آن، حرکت اسکوات با ۳ تکرار و شدت ۸۵ درصد یک تکرار بیشینه انجام شد و بعد از ۳۰ ثانیه استراحت غیرفعال، مجدداً آزمون CMJ به عمل آمد. در ادامه، همین آزمون با زمان‌های ۱، ۲، ۳ و ۵ دقیقه استراحت غیرفعال انجام گردید. برای تعیین طبیعی بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، از روش آماری تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. کلیه بررسی‌های آماری با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ به اجرا درآمد و سطح معنی‌داری $p < 0.05$ در نظر گرفته شد. **یافته‌ها:** میزان پرش عمودی معکوس دختران در پس‌آزمون نسبت به وضعیت پیش‌آزمون در زمان‌های ۳۰ ثانیه ($p = 0.001$)، ۱ دقیقه ($p = 0.001$)، ۲ دقیقه ($p = 0.001$) و ۳ دقیقه ($p = 0.001$) به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. اما میزان پرش عمودی معکوس ۵ دقیقه بعد از پس‌آزمون، نسبت به وضعیت پیش‌آزمون تغییر معنی‌داری نداشت ($p = 0.42$). **نتیجه‌گیری:** به نظر می‌رسد استفاده از حرکت اسکوات پس از گرم کردن، باعث افزایش عملکرد انفجاری می‌گردد و میتواند در ورزش‌های قدرتی، سرعتی و توانی- انفجاری سودمند واقع گردد.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل پس فعالسازی، پرش عمودی معکوس، گرم کردن.

مقدمه

در عصر حاضر در سایه تحولات اجتماعی و سیاسی، ورزش جایگاه ویژه‌ای در بین جوامع و ملت‌ها دارد و بخش مهم و جدایی‌ناپذیر برنامه‌های کلی جسم و روح نوجوانان و جوانان است. با شرکت در برنامه‌های ورزشی و تربیت‌بدنی می‌توان رشد بیشتر جسمانی و روانی آنان را تضمین کرد. چه بهتر که با برنامه‌ریزی دقیق در ایجاد موقعیت مناسب برای پرورش توانایی و شایستگی آنان تلاش نمود تا نتایج بهتری به دست آید (بومپا، ۱۹۹۳). یکی از عوامل تأثیرگذار بر روی موفقیت و بهبود رکورد ورزشکاران، گرم کردن^۱ است. مهم‌ترین هدف گرم کردن جلوگیری از آسیب، بهبود سطح اجرا، افزایش عملکردهای فیزیولوژیک و بهبود هماهنگی عصبی عضلانی است (بومپا، ۱۹۹۳). در بسیاری از رقابت‌ها سرعت، قدرت و توان بالا؛ باعث افزایش پرش عمودی و عملکرد بهتر می‌شوند. به‌طور مثال، در فعالیت ورزش والیبال، بازیکنی در ضربات اسپیک و دفاع روی تور موفق‌تر است که از قدرت پرش عمودی و زمان عکس‌العمل بهتر و بیشتری برخوردار باشد. همچنین در بازی بسکتبال در هنگام حمله به حلقه و انجام ریباندها^۲، بازیکنی موفق‌تر است که دارای پرش عمودی و زمان عکس‌العمل بهتری باشد و یا در رشته‌ای مانند پرش ارتفاع، پرش کننده آماده‌تر، با پرش بهتر و بیشتری از مانع ارتفاع عبور خواهد کرد (اندرسون^۳، ۲۰۱۰).

مطالعات نشانگر آن است که میزان پرش عمودی و زمان عکس‌العمل تحت تأثیر تمرینات گرم کردن قرار می‌گیرد. در خصوص اینکه کدام نوع برنامه گرم کردن می‌تواند تأثیر مطلوب‌تری بر عملکرد داشته باشد، بین متخصصین اتفاق نظر کلی وجود ندارد (باکورا^۴ و دیگران، ۲۰۰۹)؛ بنابراین مریبان همواره درصد یافتن یک شیوه مؤثر برای افزایش بازده توان عضلانی عضلات اسکلتی درگیر هستند. به‌کارگیری روش‌های افزایش توان عضلانی بسیار مهم است (بومپا، ۱۹۹۳) و مطالعات پیشین نشان داده‌اند که اجرای انقباض‌های ارادی بیشینه و زیر بیشینه حاد، موجب بهبود توان عضلانی متعاقب عملکرد توانی می‌شود؛ این پدیده تحت عنوان پتانسیل پس فعال‌سازی^۵ معرفی شده است (چیپو^۶ و دیگران، ۲۰۰۳؛ فرنس^۷ و دیگران، ۲۰۰۳؛ جورجولیس^۸ و دیگران، ۲۰۰۳). هنگام فعالیت‌های سریع و پویا، فعال‌سازی

عصبی-عضلانی در حد بالا صورت می‌گیرد و تمرین با بار بیشینه، باعث فعال شدن سیستم عصبی مرکزی و ایجاد شرایطی مناسب برای اجرای فعالیت‌های انفجاری می‌شود. چندین روش برای افزایش قدرت و توان معرفی شده که از جمله می‌توان تمرین کردن با بارهای نسبتاً سنگین حدود ۸۰ تا ۹۰ درصد یک تکرار بیشینه^۱ (1RM) با تکرار نسبتاً کم را نام برد. بدین ترتیب، به‌منظور افزایش قدرت و توان، میزان بار سنگین نسبت به بارهای سبک، تأثیرگذارتر است (اشمیت بلاکر و هارالامبی^{۱۱}، ۱۹۸۱). این روش تمرینی به‌عنوان وسیله‌ای برای به حداکثر رسانیدن قدرت انفجاری یا توان در ورزشکاران استفاده می‌شود. در این راستا، به اعتقاد رابینز^{۱۲} (۲۰۰۵)، پتانسیل پس فعال‌سازی روشی است که موجب می‌شود نیروی اعمال شده توسط یک عضله به دلیل انقباض قبلی آن افزایش یابد. تئوری پتانسیل پس فعال‌سازی مدعی است که مدت انقباض عضله، عملکرد مکانیکی انقباضات عضلانی متعاقب را تحت تأثیر قرار می‌دهد (استون^{۱۳} و دیگران، ۲۰۰۸).

بنابراین، پتانسیل پس فعال‌سازی باعث افزایش قدرت عضلات و سرعت توسعه نیرو^{۱۴} (RFD) می‌شود که خود نتیجه فعال‌سازی قبلی عضلات است (میچل و سیل^{۱۵}، ۲۰۱۱). تحریک سیستم عصبی باعث افزایش عملکرد انقباض به یک محرک با بار سنگین می‌شود (ریکسون^{۱۶} و دیگران، ۲۰۰۷). مکانیزم‌هایی برای پتانسیل پس فعال‌سازی پیشنهاد شده‌اند. از جمله فسفردار شدن زنجیره‌های سبک میوزین^{۱۷} (MLC) که باعث اتصال و جدایی پی در پی سرهای میوزین با نقاط فعال اکتین می‌شود؛ و روندی که موجب انقباض عضله و در نتیجه، تولید نیروی عضلانی می‌شود (جاج^{۱۸}، ۲۰۰۹). تمرینات قدرتی قبل از تمرینات پلايومتریک باعث افزایش تحریک سیناپسی در طناب نخاعی می‌شود که خود افزایش پتانسیل پس سیناپسی و پس از آن، افزایش ظرفیت تولید نیروی گروه‌های عضلانی درگیر را در پی دارد (راسیر و هرزوغ^{۱۹}، ۲۰۰۲).

محققان تلاش کرده‌اند از طریق استفاده از پتانسیل پس فعال‌سازی، محرک‌هایی که به‌شدت باعث بهبود عملکرد (پریدن، دو سرعت، چابکی، بلند کردن و غیره) می‌شود را شناسایی کنند. پرش عمودی در بسیاری از فعالیت‌های

1. Bompa

2. Warm-up

3. Rebound

4. Anderson

5. Bacurau

6. Post activation potentiation^۱

7. Chiu

8. French

9. Gourgoulis

10. One repetition maximum

11. Schmidtbleicher & Haralambie

12. Robbins

13. Stone

14. Rate of force development

15. Mitllche & Sale

16. Rixon

17. Myosin light chain

18. Judge

19. Rassier & Herzog

فروتن و دیگران ۲۰۱۶). از این رو، تحقیق حاضر تلاش دارد تا به این پرسش پاسخ دهد که آیا انجام یک جلسه حرکت اسکوات با فواصل استراحتی مختلف، بر پتانسیل پس فعالسازی پرش عمودی دختران ورزشکار تأثیر دارد؟

روش تحقیق

تحقیق حاضر به لحاظ هدف از نوع کاربردی و به لحاظ شیوه اجرا، از نوع نیمه تجربی بود. شرکت کنندگان ۱۲ دختر ورزشکار با میانگین سنی 19.8 ± 2.3 سال، میانگین قد 168.4 ± 4.3 سانتی متر، میانگین وزن 60.1 ± 8.3 کیلوگرم، و سابقه تمرین 4.2 ± 2.1 سال؛ ساکن شهر اهواز بودند. این افراد از طریق فراخوان عمومی در سطح باشگاهها انتخاب شدند و در رشته های بسکتبال و والیبال سابقه تمرین داشتند. ملاک های ورود به تحقیق داشتن حداقل ۳ سال فعالیت منظم ورزشی، توانایی اجرای حرکت اسکوات با یک و نیم برابر وزن خود، و عدم آسیب در اندام تحتانی طی ۶ ماه قبل از مطالعه بود. ملاک های خروج از تحقیق انصراف شرکت کنندگان از ادامه شرکت در تحقیق، بیمار شدن و آسیب دیدگی در اندام تحتانی بود. به فاصله ۴ روز مانده به آغاز اولین جلسه، آزمون 1RM برای حرکت اسکوات گرفته شد. آزمودنی ها پروتکل یکسانی را برای گرم کردن استفاده کردند، بدین صورت که ابتدا با سرعت ۹ کیلومتر بر ساعت به مدت ۵ دقیقه روی نوارگردان دویدند و پس از آن، به مدت ۳ دقیقه به انجام حرکات کششی (گروه عضلات چهار سر رانی، همسترینگ^{۱۱}، جلو و پشت ساق پا و ناحیه پشت و کمر) پرداختند. در انتها، ۵ حرکت نشست و برخاست (هر حرکت کششی ۴ تا ۶ تاییه به طول می انجامید) را اجرا کردند (سترپلیوس^{۱۲} و دیگران، ۲۰۱۰). به منظور تعیین 1RM، ابتدا وزنه از قبل پیش بینی شده ای که فرد بتواند حداکثر ۱۰ تکرار حرکت را با آن اجرا کند، انتخاب شد. سپس 1RM برای هر شرکت کننده با استفاده از فرمول برزیسکی^{۱۳} (۱۹۹۳) به دست آمد.

در روز آزمون، شرکت کنندگان در یک ساعت مشخص به آزمایشگاه مراجعه کردند و پس از گذشت ۵ دقیقه از گرم کردن، آزمون پرش عمودی معکوس^{۱۴} (CMJ)، کنترل یا گرم کردن معمولی را اجرا کردند. پس از گذشت ۱۰ دقیقه، شرکت کنندگان حرکت اسکوات را با شدت ۸۵

ورزشی مشاهده می شود و به عنوان یکی از قابلیت های جسمی مهم ورزشکار در مطالعات مورد بررسی قرار گرفته است (خالقی تازجی و دیگران، ۲۰۱۷). تحقیقات قبلی نشان داده اند که سطح قدرت نسبی و مطلق، جنسیت، ویژگی های عضله و تمرینات قبلی؛ ممکن است بر تأثیر پتانسیل پس فعالسازی و عملکرد بعد از آن اثرگذار باشند (استون و دیگران، ۲۰۰۸). بسیاری از اطلاعات در دسترس نشان داده اند که پتانسیل پس فعالسازی در افراد قوی تر در مقایسه با هم تاییان ضعیف تر، به شدت باعث بهبود و افزایش عملکرد می شود (ساجومل^۱ و دیگران، ۲۰۱۶). با وجود پذیرش این پدیده از سوی ورزشکاران و مربیان، یافته ها در مورد اثر پتانسیل پس فعالسازی در تحقیقات پیشین ناهمسو است و این باعث می شود تا نتوان به طور قطعی در مورد مفید بودن و کاربرد آن اظهار نظر کرد (ویتمر^۲ و دیگران، ۲۰۱۰). برای مثال، برخی تحقیق ها نشان داده اند اجرای حرکت اسکوات^۳ با استفاده از بار سنگین موجب بهبود عملکرد پرش عمودی می گردد (هافمن^۴ و دیگران، ۲۰۰۷؛ رکسون^۵ و دیگران، ۲۰۰۷). در حالی که در چندین مطالعه دیگر با بهره گیری از این نوع تمرین، بهبود معنی داری در عملکرد مشاهده نشده است (اسکات و داکرتی^۶، ۲۰۰۴؛ هانسون و دیگران، ۲۰۰۷). به علاوه، در چندین مطالعه دیگر نیز با بهره گیری از حرکت اسکوات، بهبود معنی داری در عملکرد مشاهده نشده است (جانسون و ابین^۷، ۲۰۰۳؛ ماگنوس^۸ و دیگران، ۲۰۰۶؛ هانسون^۹ و دیگران، ۲۰۰۷). وجود این ناهمسویی در مطالعات مربوط به پتانسیل پس فعالسازی ممکن است ناشی از تعدد عواملی باشد که بر این پدیده اثرگذار هستند. در عین حال، با وجود اهمیت تغییرات عصبی در پدیده پتانسیل پس فعالسازی، تحقیق های اندکی به بررسی این تغییرات پرداخته اند (سوتیروپولوس^{۱۰} و دیگران، ۲۰۱۰). بر طبق مطالعات انجام شده مشخص گردیده که اثر پتانسیل پس فعالسازی بر روی زنان به میزان کافی بررسی نشده است، در حالی که بررسی ورزش زنان به عنوان بخش مهمی از جامعه ما در عرصه ورزش ضرورتی انکار ناپذیر است (رمضانی نژاد و دیگران، ۲۰۱۶). به علاوه، فاصله استراحتی نیز به عنوان یک عامل مهم و تأثیرگذار بر روی بهبود عملکرد ورزشکاران؛ خوب مطالعه نشده است

1. Suchomel
2. Witmer
3. Squat
4. Hoffman
5. Rixon

6. Scott & Docherty
7. Jensen & Ebben
8. Magnus
9. Hanson
10. Sotiropoulos

11. Hamstring
12. Sotiropoulos
13. Brzycki
14. Countermovement jump

داشتند، بر روی صفحه نیروسنج قرار گرفت. هر شرکت کننده از حالت نیم چمباتمه (زاویه زانو تقریباً ۹۰ درجه) درحالی که دست‌ها نزدیکی کمر قرار داشت، با تمام توان پرش به سمت بالا در حالت اسکوات را انجام داد و سپس با زانوی باز روی صفحه نیروسنج فرود آمد. تا زمانی که فرد روی صفحه نیروسنج قرار داشت، توزیع نیرو قابل مشاهده بود؛ اما هنگامی که فرد از صفحه جدا می‌شد تا زمان پیش از فرود؛ هیچ نیرویی قابل مشاهده نبود. این بازه زمانی که توزیع نیرو بر روی دستگاه صفحه نیروسنج قابل مشاهده نبود، به‌عنوان زمان پرواز در نظر گرفته شد. پس از ثبت زمان پرواز، با استفاده فرمول زیر ارتفاع پرش به دست آمد (بوسکو^۱ و دیگران، ۱۹۸۳).

درصد 1RM، در یک نوبت و ۳ تکرار در حالت زاویه ۹۰ درجه زانو به اجرا درآوردند. به دنبال آن، ۳۰ ثانیه استراحت غیرفعال در نظر گرفته شد و سپس دوباره CMJ (بعد از اسکوات) تکرار گردید. به همین ترتیب، شرکت‌کنندگان این پروتکل را با فواصل استراحتی ۱، ۲، ۳ و ۵ دقیقه اجرا کردند.

برای به دست آوردن ارتفاع پرش عمودی معکوس و زمان پرواز از دستگاه صفحه نیروسنج ساخت شرکت دانش سالار ایرانیان استفاده شد. این دستگاه بیشتر برای ثبت چگونگی توزیع فشار کف‌پایی به کار می‌رود، اما در مطالعه حاضر برای ثبت زمان پرواز در هنگام CMJ مورد استفاده قرار گرفت. برای اجرای پرش، آزمودنی درحالی که پاهایش به اندازه عرض شانه از یکدیگر فاصله

$$h = 8 \times (\text{ثانیه})^2 \times \text{زمان پرواز} \times (\text{ثانیه/متر})^2 = \text{ارتفاع پرش}$$

پیش آزمون و زمان استراحت ۵ دقیقه ای در پس آزمون، تفاوت معنی داری وجود نداشت. به علاوه، میزان CMJ در زمان استراحت ۳۰ ثانیه پس از آزمون، در مقایسه با زمان‌های ۱، ۲، ۳ و ۵ دقیقه استراحت؛ به صورت معنی‌دار بالاتر بود (جدول ۱). نتایج جدول ۱ همچنین نشان می‌دهد که میزان CMJ در زمان استراحت ۱ دقیقه پس از آزمون، به طور معنی‌دار بالاتر از زمان استراحت ۲ و ۳ دقیقه پس از آن می‌باشد؛ در حالی که تفاوت معنی‌داری با زمان استراحت ۵ دقیقه‌ای مشاهده نشد. نهایتاً این که مطابق یافته‌های بدست آمده (جدول ۱)، بین میزان CMJ در زمان‌های ۱، ۲، ۳ و ۵ دقیقه استراحت پس از آزمون، تفاوت معنی‌داری دیده نگردید. به منظور مقایسه عملکرد بین زمان‌های مختلف، تفاضل میانگین CMJ در مراحل مختلف آزمون بدست آمد و با آزمون تعقیبی بونفرونی مقایسه گردید. نتایج این بخش دال بر آن است که بهترین زمان برای افزایش و بهبود عملکرد در CMJ؛ زمان ۳۰ ثانیه (CMJ=۳۵/۶۵ و $p=0/001$) پس از استراحت می‌باشد (جدول ۱).

به منظور استخراج نتایج، از آمار توصیفی و آمار استنباطی استفاده شد. ابتدا طبیعی بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک^۲ بررسی شد. سپس فرضیه‌های آماری با استفاده از روش آماری تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری^۳ و آزمون تعقیبی بونفرونی^۴ بررسی گردید و نتایج بدست آمد. کلیه محاسبات آماری با نرم‌افزار آماری SPSS^۵ نسخه ۲۳ به اجرا درآمد و سطح معنی‌داری در کلیه موارد $p < 0/05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری نشان داد که بین مراحل مختلف آزمون، تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($F=31/31$; $p=0/001$). بنابراین، برای مقایسه میانگین‌های بدست آمده در مراحل مختلف، از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد (جدول ۱، شکل ۱). همانطور که نتایج آزمون بونفرونی نشان می‌دهد، میزان CMJ دختران در مرحله پس‌آزمون در زمان استراحت ۳۰ ثانیه، ۱ دقیقه، ۲ دقیقه و ۳ دقیقه، نسبت به وضعیت پیش‌آزمون؛ به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است؛ در حالی که بین مرحله

1. Bosco

2. Shapiro-Wilk

3. Analysis of variance with repeated measures

4. Bonferoni

5. Statistical package for social science

جدول ۱. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی در مورد مقایسه پرش عمودی معکوس بین مراحل مختلف اجرا

سطح معنی داری	تفاوت میانگین بین سطح اول و سطح دوم	پرش عمودی معکوس (سطح دوم)		پرش عمودی معکوس (سطح اول)	متغیر
		میانگین \pm انحراف معیار	مرحله		
۰/۰۰۱ *	-۳/۶۵	۳۵/۶۵ \pm ۴/۱۴	استراحت ۳۰ ثانیه	پیش آزمون (۳۲ \pm ۴)	پرش عمودی معکوس (سانتی متر)
۰/۰۰۱ *	-۲/۵۳	۳۴/۵۳ \pm ۴/۰۸	استراحت ۱ دقیقه		
۰/۰۰۱ *	-۱/۷۶	۳۳/۷۶ \pm ۴/۲۴	استراحت ۲ دقیقه		
۰/۰۰۱ *	-۱/۱۵	۳۳/۱۵ \pm ۴/۰۶	استراحت ۳ دقیقه		
۱/۰۰	-۰/۷۶	۳۲/۷۶ \pm ۳/۷۱	استراحت ۵ دقیقه		
۰/۰۰۱ *	۱/۱۱	۳۴/۵۳ \pm ۴/۰۸	استراحت ۱ دقیقه	استراحت ۳۰ ثانیه (۳۵/۶۵ \pm ۴/۱۴)	
۰/۰۰۱ *	۱/۸۸	۳۳/۷۶ \pm ۴/۲۴	استراحت ۲ دقیقه		
۰/۰۰۱ *	۲/۵۰	۳۳/۱۵ \pm ۴/۰۶	استراحت ۳ دقیقه		
۰/۰۰۲ *	۲/۸۹	۳۲/۷۶ \pm ۳/۷۱	استراحت ۵ دقیقه		
۰/۰۰۳ *	۰/۷۶	۳۳/۷۶ \pm ۴/۲۴	استراحت ۲ دقیقه	استراحت ۱ دقیقه (۳۴/۵۳ \pm ۴/۰۸)	
۰/۰۰۲ *	۱/۳۸	۳۳/۱۵ \pm ۴/۰۶	استراحت ۳ دقیقه		
۰/۰۶	۱/۷۷	۳۲/۷۶ \pm ۳/۷۱	استراحت ۵ دقیقه		
۰/۰۵	۰/۶۱	۳۳/۱۵ \pm ۴/۰۶	استراحت ۳ دقیقه	استراحت ۲ دقیقه (۳۳/۷۶ \pm ۴/۲۴)	
۱/۰۰	۱/۰۰	۳۲/۷۶ \pm ۳/۷۱	استراحت ۵ دقیقه		
۱/۰۰	۰/۳۹	۳۲/۷۶ \pm ۳/۷۱	استراحت ۵ دقیقه	استراحت ۳ دقیقه (۳۳/۱۵ \pm ۴/۰۶)	

*نشانه تفاوت معنی دار با پیش آزمون در سطح $p < 0.05$.



شکل ۱. مقایسه میزان پرش عمودی معکوس شرکت کنندگان در مراحل مختلف آزمون؛ *نشانه تفاوت معنی دار با پیش آزمون در سطح $p < 0.05$.

بحث

یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که CMJ در زمان‌های ۳۰ ثانیه، ۱، ۲ و ۳ دقیقه استراحت نسبت به مرحله پیش‌آزمون (گرم کردن معمولی یا بدون اسکوات)؛ افزایش معنی‌داری داشت؛ در حالی که در مرحله ۵ دقیقه استراحت پس از آزمون نسبت به وضعیت پیش از آزمون، تغییر معنی‌داری در عملکرد ایجاد نشد. هافمن و دیگران (۲۰۰۷) همسو با نتایج مطالعه حاضر، اثر اجرای یک نوبت نیم اسکوات پویای بیشینه را بر ارتفاع پرش عمودی معکوس ارزیابی کرده و افزایش معنی‌داری را در ارتفاع پرش عمودی معکوس مشاهده نمودند. در پژوهشی دیگر، ماساماتا^۱ و دیگران (۲۰۰۳) با بررسی بازیکنان فوتبال نشان داده‌اند که پس از اسکوات با شدت بالا (۹۰ درصد حداکثر بیشینه با ۳ تکرار)، عملکرد افزایش یافته و زمان دوی سرعت ۴۰ متر کاهش پیدا می‌کند. در مطالعه ای دیگر گزارش شده است که طبق تئوری پتانسیل پس از فعال‌سازی، می‌توان با بلند کردن بارهای سنگین برای بهره‌ای از گرفتن نیروی عصبی استفاده کرد (باکر و نیوتن^۲، ۲۰۰۵). آریاس^۳ و دیگران (۲۰۱۶) نیز نشان داده‌اند که برای بهبود عملکرد بعد از یک بار سنگین، ۳ تا ۴ دقیقه استراحت مورد نیاز است. در مطالعه ترزیس^۴ و دیگران (۲۰۰۹) اثرات قابل توجه پتانسیل پس فعال‌سازی بلافاصله پس از استراحت بعد از تمرین در بهبود عملکرد گزارش شده است. همچنین برخی مطالعات نشان داده‌اند در عرض ۱ تا ۳ دقیقه استراحت پس از

تمرین مقاومتی سنگین، میزان عملکرد افزایش می‌یابد (رحیمی و دیگران، ۲۰۱۰). باپیران و رجبی (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای با هدف بررسی اثر پتانسیل پس فعال‌سازی بر CMJ و سرعت پا، گزارش نموده‌اند که عملکرد CMJ بعد از پتانسیل پس فعال‌سازی در مقایسه با گرم کردن تنها، افزایش معنی‌داری پیدا می‌کند. آن‌ها دلیل این افزایش عملکرد را افزایش فسفوریلاسیون زنجیره‌های سبک میوزین (از طریق فسفوریلاسیون پروتئین میوزین که سبب افزایش سرعت اتصال میوزین به اکتین به دلیل اشباع کلسیم درون سلول در طول انقباضات عضلانی می‌شود)، افزایش فراخوانی یا تحریک واحدهای حرکتی، افزایش هماهنگ‌سازی واحدهای حرکتی و یا کاهش مهار پیش سیناپسی نسبت دادند. این مکانیسم‌ها به نوبه خود منجر به افزایش سرعت انقباض، نیروی انقباضی و در نتیجه، بهبود عملکرد در اجرای پرش عمودی می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند که ورزشکاران ورزیده شرکت‌کننده در سطح بالای فعالیت‌های ورزشی در مقایسه با اجراکنندگان تمرینات مقاومتی تفریحی، پاسخ بهتری به پتانسیل پس فعال‌سازی نشان می‌دهند (اشمیت بلاکر^۵ و دیگران، ۱۹۸۷). در همین راستا، مازنی و دیگران (۲۰۱۶) چنین نتیجه گرفته‌اند که سازگاری عصبی، اغلب در شدت‌های بالاتر تمرینات مقاومتی - توانی حاصل می‌شود. به عبارت دیگر، به کارگیری واحدهای حرکتی بیشتر، نرخ کدگذاری بالاتر، سرعت هدایت تار عضلانی بیشتر، هم‌زمانی بهتر واحدهای حرکتی، و تا حدودی

1. Masamoto
2. Baker & Newton
3. Arias
4. Terzis
5. Schmidt Bleicher

تغییر فزاینده در فرکانس شلیک واحدهای حرکتی؛ در این شدت تمرین به دست می‌آید. هامادا و دیگران (۲۰۰۷) با مطالعه اثر پتانسیل پس فعال‌سازی با حداکثر انقباض ارادی (MVC) در عضلات چهارسر رانی، مشاهده کردند که اوج پتانسیل پس فعال‌سازی با سرعت متوسط ۶۰ تا ۷۰ درصد فعالیت الکتریکی عضلانی فزایش پیدا کرد و سپس به سرعت به ۴۴ و ۳۱ درصد به ترتیب در ۳۰ ثانیه و ۶۰ ثانیه کاهش یافت. این روند کاهش پتانسیل هم چنان ادامه داشت تا جایی که ۵ دقیقه بعد از انقباض، فقط ۱۲ درصد بالاتر از مقدار پیش از MVC بود. یافته‌های مشابه به دست آمده نیز نشان داده است که پتانسیل پس فعال‌سازی پس از یک انقباض کوتاه مدت عضلانی، بلافاصله افزایش می‌یابد، اما بعد از ۳ دقیقه، شروع به کم شدن می‌کند. این یافته‌ها دال بر آن است که اوج پتانسیل پس فعال‌سازی بر اثر بازیابی خیلی سریع افزایش پیدا می‌کند، اما بعد از ۳ دقیقه به تدریج شروع به کم شدن می‌کند. شواهدی وجود دارد مبنی بر این که بلند کردن وزنه‌های سنگین با تلاش بیشتر، قبل از یک فعالیت انفجاری، ممکن است بر اثر پتانسیل پس فعال‌سازی، ارتفاع پرش و عملکرد را بهبود بخشد (رکوانا^۱ و دیگران، ۲۰۰۸؛ جفری^۲ و دیگران، ۲۰۰۸؛ اکوانا^۳ و دیگران، ۲۰۱۳). این بهبودی در تولید نیرو، ممکن است به علت افزایش در غلظت کلسیم در محل‌های پل‌های عرضی و فسفوریلاسیون زنجیره‌های سبک میوزین باشد (استیج^۴ و دیگران، ۲۰۱۱). از این رو، می‌توان گفت که هر انقباضی که تارهای عضلانی را بیشتر تحریک کند، عملکرد بعدی را بهبود بخشد و نهایتاً، موجب بهره‌مندی بیشتر از پدیده پتانسیل پس فعال‌سازی می‌گردد.

علیرغم این‌ها، یافته‌های تحقیق حاضر با نتایج مطالعه هیچ^۵ و دیگران (۲۰۱۱) مبنی بر کاهش پرش عمودی به دنبال اجرای حرکت اسکوات با ۸۵ درصد 1RM همسو نیست. شاید بتوان گفت که یکی از دلایل اختلاف نتایج تحقیق حاضر با مطالعه فوق این است که برای اجرای حرکت اسکوات، از دستگاه یا ماشین استفاده شده است. انجام پرش عمودی ضمن حرکت اسکوات با میله آزاد، ویژگی بیشتری دارد، زیرا در حین اسکوات با ماشین اسمیت^۶، فشار به صورت عمودی بر بازکننده‌های زانو وارد می‌شود، بدون آن که بازکننده‌های لگن و پشت درگیر شوند. در این حالت، اغلب با حرکت پا به سمت به جلو، فشار روی دورسی فلکسورهای^۷ انگشتان کاهش می‌یابد و این ممکن است ویژگی فعالیت (الگوی حرکتی) متعاقب

1. Requena
2. Jeffreys
3. Okuno
4. Stieg
5. Hage

6. Smith
7. Dorsi flexors
8. Berning
9. Till
10. Tsolakis

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد بهره‌گیری از حرکت اسکوات پس از فرآیند گرم کردن معمولی، به‌تنهایی در زمان‌های ۳۰ ثانیه، و ۱، ۲ و ۳ دقیقه پس از انجام حرکت اسکوات با شدت ۸۵ درصد 1RM، در زاویه ۹۰ درجه زانو موجب بهبود عملکرد انفجاری می‌گردد. این بهبودی در اجرا می‌تواند در ورزش‌های قدرتی، سرعتی و توانی؛ سودمند واقع گردد؛ بهبودی که بر اساس پدیده پتانسیل پس فعال‌سازی به تغییرات درون عضلانی وابسته است.

تضاد منافع

این پژوهش برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد در دانشکده تربیت بدنی دانشگاه شهید چمران اهواز می‌باشد و از هیچ موسسه‌ای کمک مالی دریافت ننموده است.

قدردانی و تشکر

در پایان از تمامی ورزشکارانی که داوطلبانه در این تحقیق شرکت کردند و کمال همکاری را به جا آوردند، صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

نظارتی میوزین، و افزایش فراخوانی واحدهای حرکتی می‌باشند. افزایش فعالیت عصبی ممکن است از طریق فراخوانی واحدهای حرکتی بیشتر، هماهنگ‌سازی بهتر واحدهای حرکتی، کاهش در مهار پیش‌سیناپسی و یا وارد شدن تکانه‌های عصبی مرکزی بیشتر؛ رخ دهد (آگارد^۱ و دیگران، ۲۰۰۳). مطالعات قبلی نشان داده‌اند که القای پتانسیل پس فعال‌سازی قبل از مسابقه، بیش از گرم کردن سنتی (فقط در حال اجرای برخی از تمرینات کششی) می‌تواند به ورزشکار کمک کند و باعث بهبود عملکرد در فعالیت‌های انفجاری مانند پریدن، پرتاب و دوی سرعت شود (تیلین و بیشاپ^۲، ۲۰۰۹). با استناد به یافته‌های تحقیق حاضر و سایر مطالعات، احتمالاً تغییرات درون عضلانی باعث افزایش عملکرد با استفاده از پدیده پتانسیل پس فعال‌سازی می‌شوند و به‌کارگیری انقباض‌های پویای بیشینه پیش از عملکردهای توانی و انفجاری، با توجه به ویژگی فعالیت متعاقب، کارآیی بیشتری نسبت به روش سنتی گرم کردن دارد و موجب بهبود عملکرد ورزشکاران می‌شود.

منابع

- Aagaard, P. (2003). Training-induced changes in neural function. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 31(2), 61-67.
- Anderson, B. (2010). *Stretching*. 30th Edition Shelter Publications, Inc.
- Arias, J., Coburn, J., Brown, L., & Galpin, A. (2016). The acute effects of heavy deadlifts on vertical jump performance in men. *Sports*, 4(2), 22.
- Bacurau, R. F. P., Monteiro, G. A., Ugrinowitsch, C., Tricoli, V., Cabral, L. F., & Aoki, M. S. (2009). Acute effect of a ballistic and a static stretching exercise bout on flexibility and maximal strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 304-308.
- Baker, D., & Newton, R. U. (2005). Acute effect on power output of alternating an agonist and antagonist muscle exercise during complex training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 202-205.
- Baperan, M., Rajabi, H., & Moetamedi, P. (2018). The effect of muscle hyperactivity intensity and specificity on the maximum force, foot speed and vertical jump performance in men has been practiced. *Journal of Sports Physiology*, 33(9), 37-50. [Persian]
- Berning, J. M., Adams, K. J., DeBeliso, M., Sevene-Adams, P. G., Harris, C., & Stamford, B. A. (2010). Effect of functional isometric squats on vertical jump in trained and untrained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(9), 2285-2289.

- Bompa, T. O. (1993). *Power training for sport: Plyometrics for maximum power development*. Oakville, Ont.: Mosaic Press; Gloucester, Ont.: Coaching Association of Canada, \$ cc1993.
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 50(2), 273-282.
- Brzycki, M. (1993). Strength testing—predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 64(1), 88-90.
- Chiu, L. Z., 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. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(4), 671-677.
- El Hage, R., Zakhem, E., Moussa, E., & Jacob, C. (2011). Acute effects of heavy-load squats on consecutive vertical jump performance. *Science & Sports*, 26(1), 44-47.
- Foroutan, Y., Behpour, N., & Daneshyar, S. (2016). The effect of strength training with different rest intervals between sets on the bench press and leg press strength, power moves in consecutive periods. *Journal of Applied Health Studies in Exercise Physiology*, 3(1), 72-86.
- French, D. N., Kraemer, W. J., & Cooke, C. B. (2003). Changes in dynamic exercise performance following a sequence of preconditioning isometric muscle actions. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(4), 678-685.
- Gourgoulis, V., Aggeloussis, N., Kasimatis, P., Mavromatis, G., & Garas, A. (2003). Effect of a submaximal half-squats warm-up program on vertical jumping ability. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(2), 342-344.
- 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. *Journal of Applied Physiology*, 88(6), 2131-2137.
- Hanson, E. D., Leigh, S., & Mynark, R. G. (2007). Acute effects of heavy-and light-load squat exercise on the kinetic measures of vertical jumping. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(4), 1012-1017.
- 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 & Medicine*, 6(1), 149-150.
- Jeffreys, I. (2008). A review of postactivation potentiation and its application in strength and conditioning. *Professional Strength and Conditioning*, 12, 17-25.
- Jensen, R. L., & Ebben, W. P. (2003). Kinetic analysis of complex training rest interval effect on vertical jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(2), 345-349.
- Judge, L. W. (2009). The application of postactivation potentiation to the track and field thrower. *Strength & Conditioning Journal*, 31(3), 34-36.

- KhaleghiTazeji, M., Sadeghi, H., Mi'mar, R., & Hosseini, A. (2017). Effect of 4 weeks training on variability of ground reaction forces during vertical jump in active young men. *Journal of Sport Medicine Studies*, 9(22), 123-135. [Persian]
- Mangus, B. C., Takahashi, M., Mercer, J. A., & Holcomb, W. R. (2006). Investigation of vertical jump performance after completing heavy squat exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 597-600.
- Masamot, N., Larson, R., Gates, T., & Faigenbaum, A. (2003). Acute effects of plyometric exercise on maximum squat performance in male athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(1), 68-71.
- Mazani, A., Hamedinia, M. R., & Haghigh, A. H., HedayatPour, N. (2016). The effect of 12 strength-power training weeks with different loads on neuromuscular adaptations in collegesoccer players. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*, 6(11), 9-21. [Persian]
- Mitchell, C. J., & Sale, D. G. (2011). Enhancement of jump performance after a 5-RM squat is associated with postactivation potentiation. *European Journal of Applied Physiology*, 111(8), 1957-1963.
- Okuno, N. M., Tricoli, V., Silva, S. B., Bertuzzi, R., Moreira, A., & Kiss, M. A. (2013). Postactivation potentiation on repeated-sprint ability in elite handball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(3), 662-668.
- Rahimi, R., Faraji, H., Sheikholeslami Vatani, D., & Qaderi, M. (2010). Creatine supplementation alters the hormonal response to resistance exercise. *Kinesiology*, 42(1), 28-35.
- Ramazani Nejad, R., Mallaie, M., & Khalile, S. L. (2016). Identification and prioritization of female canoeing athletes perblems in iran. *Journal of Human Resource Management in Sports*, 3(2), 231-244.
- Rassier, D. E., & Herzog, W. (2002). Force enhancement following an active stretch in skeletal muscle. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 12(6), 471-477.
- Requena, B., Gapeyeva, H., García, I., Erelina, J., & Pääsuke, M. (2008). Twitch potentiation after voluntary versus electrically induced isometric contractions in human knee extensor muscles. *European Journal of Applied Physiology*, 104(3), 463-72.
- Rixon, K. P., 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 Conditioning Research*, 21(2), 500-5.
- Robbins, D. W. (2005). Postactivation potentiation and its practical applicability: a brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 453-8.
- Schmidtbleicher, D., & Haralambie, G. (1981). Changes in contractile properties of muscle after strength training in man. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 46(3), 221-228.
- Scott, S. L., & Docherty, D. (2004). Acute effects of heavy preloading on vertical and horizontal jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(2), 201-205.

- Sotiropoulos, K., Smilios, I., Christou, M., Barzouka, K., Spaias, A., & Douda, H. (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 & Medicine, 9*(2), 326-331.
- Stieg, J. L., Faulkinbury, K. J., Tran, T. T., Brown, L. E., Coburn, J. W., & Judelson, D. A. (2011). Acute effects of depth jump volume on vertical jump performance in collegiate women soccer players. *Kinesiology, 43*(1), 25-30.
- Stone, M. H., Sands, W. A., Pierce, K. C., Ramsey, M. W., & Haff, G. G. (2008). Power and power potentiation among strength-power athletes: preliminary study. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 3*(1), 55-67.
- Suchomel, T. J., Sato, K., DeWeese, B. H., Ebben, W. P., & Stone, M. H. (2016). Potentiation following ballistic and nonballistic complexes: The effect of strength level. *Journal of Strength and Conditioning Research, 30*(7), 1825-1833.
- Terzis, G., Spengos, K., Karampatsos, G., Manta, P., & Georgiadis, G. (2009). Acute effect of drop jumping on throwing performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 23*(9), 2592-2597.
- Till, K. A., & Cooke, C. (2009). The effects of postactivation potentiation on sprint and jump performance of male academy soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 23*(7), 1960-1967.
- Tillin, N. A., & Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Medicine, 39*(2), 147-166.
- Tsolakis, C., Bogdanis, G. C., Nikolaou, A., & Zacharogiannis, E. (2011). Influence of type of muscle contraction and gender on postactivation potentiation of upper and lower limb explosive performance in elite fencers. *Journal of Sports Science & Medicine, 10*(3), 577-83.
- Witmer, C. A., Davis, S. E., & Moir, G. L. (2010). The acute effects of back squats on vertical jump performance in men and women. *Journal of Sports Science & Medicine, 9*(2), 206-213.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی