The effect of two different post activation potentiation methods on the Explosive Power and Sprint Performance of female athletes

BiBi Asieh Kalteh Mofrad [1], Reza Rezaeeshirazi[2], Ali Mostafaloo [3*1]

[1.] Assistant director of Shahid Sohaili School of Education in Bandar Torkman City.

[2.] Assistant Professor, Department of Physical Education, Aliabad Katoul Branch, Islamic Azad University, Aliabad Katoul, Iran.

[3.] Assistant Professor, Department of Physical Education, Gonbad Kavoos Branch, Islamic Azad University, Gonbad Kavoos, Iran.

Received: 12 July 2023; Accepted: 06 December 2023

Abstract

Introduction and purpose: Post-activation potentiation (PAP) is a physiological phenomenon associated with an acute improvement in muscular performance after a resistance training protocol. The purpose of this study was the effect of two different post activation potentiation methods on the explosive power and sprint performance of female athletes.

Methods: For this purpose, 25 female students of physical education in Bandar Turkmen city were selected to participate in the research. Subjects were divided into five groups [experimental 1 (10 minutes warm-up, parallel squat with 80% 1RM and Sargent test), experimental 2 (10 minutes warm-up, parallel squat with 80% 1RM and speed test), experimental 3 (10 minutes warm-up, depth jump from a height of 40 cm with five repetitions and two turns and Sargent's test), experimental 4 (10 minutes of warm-up, deep jump from a height of 40 cm with five repetitions and two turns of the speed test, with the difference that the speed test after four minutes) and the control group (without exercise program)] were divided. Then the experimental groups did the resistance training program, plyometric and post-activation strengthening.

Results: The results within the group showed that the level of explosive power (Sargent's jump) of subjects in the experimental group 1 (12.72 percent), experimental 2 (15.33 percent), experimental 3 (17.44 percent), and experimental 4 (24.00 percent) increased significantly. Also, the intra-group results in the sprinting test of experimental group 1 (13.84 percent), experimental 2 (14 percent), experimental 3 (14.08 percent), experimental 4 (15.55 percent) had a significant decrease, but in the control group the level of explosive power and speed did not change significantly. Also, the results of one-way ANOVA showed that there is a significant difference between explosive power and sprinting after activation, through resistance and plyometric exercises.

Conclusion: The findings indicate that the post-activation potentiation exercise program of this research improved the explosive power and sprinting of the athletes.

Keywords: Resistance training, plyometric training, Post-activation potentiation, explosive power, sprinting.

[*] **Correspondence:** *Assistant Professor, Department of Physical Education, Gonbad Kavoos Branch, Islamic Azad University, Gonbad Kavoos, Iran.* **Email:** A.Mostafaloo@gmail.com

اثر دو روش متفاوت نیرومندسازی بعد از فعالیت بر عملکرد توان انفجاری و دوی سرعت دختران ورزشکار

بی‌بی آسیه کلته مفرد[۱]، رضا رضایی شیرازی[۲]، علی مصطفی‌لو[۱*۳]

[۱] معاون دبیرستان شهید سهیلی آموزش و پرورش شهرستان بندر ترکمن.

[۲] استادیار، گروه تربیت‌بدنی، واحد علی‌آبادکتول، دانشگاه آزاد اسلامی، علی‌آبادکتول، ایران.

[۳] استادیار، گروه تربیت بدنی، واحد گنبدکاووس، دانشگاه آزاد اسلامی، گنبدکاووس، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۵

چکیده

مقدمه وهدف:نیرومندسازی بعد از فعالیت یک پدیده فیزیولوژیکی است که با بهبود حاد عملکرد عضلانی پس از برنامه تمرین مقاومتی همراه است. هدف پژوهش حاضر اثر دو روش متفاوت نیرومندسازی بعد از فعالیت بر عملکرد توان انفجاری و دوی سرعت دختران ورزشکاربود.

مواد و روش‌ها: بدین منظور ۲۵ نفر از دانشجویان دختر رشته تربیت بدنی شهرستان بندر ترکمن جهت شرکت در پژوهش انتخاب شدند. آزمودنی‌ها در پنج گروه (تجربی۱ (۱۰دقیقه گرم کردن، اسکات موازی با۸۰ درصد 1RMو آزمون سارجنت)، تجربی۲ (۱۰ دقیقه گرم کردن، اسکات موازی با ۸۰ درصد 1RMو آزمون دو سرعت)، تجربی۳ (۱۰ دقیقه گرم کردن، پرش عمقی از ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری با پنج تکرار و دو نوبت و آزمون سارجنت)، تجربی۴ (۱۰ دقیقه گرم کردن، پرش عمقی از ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری با پنج تکرار و دو نوبت آزمون دو سرعت، با این تفاوت که آزمون دو سرعت پس از چهار دقیقه انجام شد) و گروه کنترل (بدون برنامه تمرینی) تقسیم شدند. سپس گروه‌های تجربی به برنامه تمرین مقاومتی، پلایومتریک و نیرومندسازی بعد از فعالیت پرداختند.

یافته‌ها: بر اسا نتایج، سطح توان انفجاری آزمودنی‌های گروه تجربی۱ (۱۲/۷۲ درصد)، تجربی۲ (۱۵/۳۳ درصد)، تجربی۳ (۱۷/۴۴ درصد)، تجربی۴ (۲۴/۰۰ درصد) افزایش معنی‌داری داشت. همچنین نتایج درون گروهی در آزمون دو سرعت آزمودنی‌های گروه تجربی۱ (۱۳/۸۴ درصد)، تجربی۲ (۱۴ درصد)، تجربی۳ (۱۴/۰۸ درصد)، تجربی۴ (۱۵/۵۵ درصد) کاهش معنی‌داری داشت، اما در گروه کنترل سطح توان انفجاری و سرعت تغییر معنی‌داری نداشت. همچنین نتایج آزمون آنووای یک‌طرفه نشان داد که بین توان انفجاری و سرعت پس از فعال‌سازی، از طریق تمرینات مقاومتی و پلایومتریک تفاوت معنی‌داری وجود دارد.

نتیجه‌گیری: برنامه تمرین نیرومندسازی بعد از فعالیت این تحقیق موجب بهبود توان انفجاری و سرعت ورزشکاران شد.

واژه‌های کلیدی: تمرین مقاومتی، تمرین پلایومتریک، نیرومندسازی بعد از فعالیت، توان انفجاری، دوی سرعت.

* گروه تربیت بدنی، واحد گنبدکاووس، دانشگاه آزاد اسلامی، گنبدکاووس، ایران

مقدمه

مربیان و متخصصین ورزشی همواره به دنبال یافتن روش‌هایی برای افزایش عملکرد ورزشکاران می‌باشند. یکی از این روش‌هاکه به ویژه در دهه اخیر توجه مربیان و محققین علوم ورزشی را به خود جلب کرده است، نیرومندسازی بعد از فعالیت (PAP)[1] است (۱). نیرومندسازی بعد از فعالیت یک تئوری است که بیان می‌کند انقباضات قبلی یک عضله بر عملکرد مکانیکی انقباضات عضلانی متعاقب آن اثر می‌گذارد، به‌طوری که انقباضات عضلانی خسته کننده باعث اختلال درعملکردعضله شده اما انقباضات عضلانی غیر خسته کننده در بارهای سنگین کوتاه مدت می‌تواند عملکرد عضله را افزایش دهد(۲). بر این اساس شواهدی وجود دارد که انقباضات قبلی عضله ممکن است تولید نیروی ارادی پس از آن را تسهیل نماید که به این پدیده نیرومندسازی بعد از فعالیت می‌گویند (۳،۴). نیرومندسازی بعد از فعالیت نه تنها باعث افزایش تنش عضلانی، بلکه باعث افزایش اوج نیرو و میزان توسعه نیرو در حین فعالیت‌های انفجاری از قبیل پرش‌ها و فعالیت‌های سرعتی و قدرتی می‌شود (۴). متغیرهای زیادی بر اثربخشی نیرومندسازی بعد از فعالیت اثر می‌گذارد، که از جمله می‌توان به سطح آزمودنی‌های تمرین کرده در مقابل تمرین‌نکرده (۵)،نوع انقباضات ایزومتریک در مقابل ایزوتونیک(۱)، نوع و درصد تارهای تند انقباض فراخوانده شده (۶) و فاصله استراحتی (۷) اشاره کرد. نیرومندسازی بعد از فعالیت همچنین به عنوان یک روش توانبخشی پس از آسیب در ورزشکاران مورد توجه می‌باشد (۳). مکانیسم‌های مختلفی از فسفوریلاسیون زنجیره تنظیمی سبک میوزین، افزایش فراخوانی واحدهای حرکتی و تغییر زاویه اتصال عضله به استخوان برای این تئوری ارائه شده است (۸).

یکی از اصول مهم در تمرینات ورزشی که دارای جایگاه خاصی برای مربیان و ورزشکاران می‌باشد، تأثیر تمرینات مقاومتی و پلایومتریک در بهبود عملکرد آن‌ها است(۹). تمرینات مقاومتی و پلایومتریک برای ورزشکاران باعث بهبود عملکرد ورزشی و همچنین باعث افزایش سرعت و کاهش رکورد آن‌ها می‌شود و سازگاری‌های فیزیولوژیکی را به وجود می‌آورد (۱۰،۱۱). به همین دلیل نیرومندسازی بعد از فعالیت، به منظور افزایش توان و توسعه قدرت، در ورزشکاران مطرح شده است. به عنوان مثال می‌توان به مطالعه لانگر[2]و همکارن (۲۰۲۲) در خصوص تأثیر نیرومندسازی بعد از فعالیت روی قدرت و سرعت توسعه قدرت و نیرو اندام فوقانی در رزمی‌کاران اشاره کرد. آن‌ها یافتند که رقابت‌کنندگانی که تجربه تمرینی طولانی‌تری دارند، نسبت به رقبای با تجربه تمرینی کوتاه‌تر، باید از بار بیشتری در تمرین فعال‌سازی استفاده کنند (۱۲). اوتوویچ[3] و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقیدیگر تأثیر نیرومندسازی بعد از فعالیت بالاتنه و پایین تنه بر عملکرد ورزشی ورزشکاران رامورد بررسی قرار دادند که بهبود قابل ملاحظه‌ای در عملکرد ورزشکاران گزارش کردند (۶). همچنین فرناندو[4] و همکاران (۲۰۱۵) نیز اثر سه برنامه تمرینی متفاوت نیرومندسازی بعد از فعالیت روی زمان بازگشت به حالت اولیه برایتقویت پرش را بررسی کردند. آن‌ها نیز نتیجه گرفتند که برنامه تمرینی حجم متوسط و بالا برای تقویت پرش موثرتر است () .لسینسکی[5] و همکاران (۲۰۱۴)، در تحقیقی تأثیر تمرین مختلط نیرومندسازی بعد از فعالیت بر عملکرد استقامت، توان و سرعت ورزشکاران را مورد بررسی قرار دادند، نتایج آن‌ها نشان داد که برنامه نیرومندسازی بعد از فعالیت می‌تواند منجر به افزایش شدید عملکرد در متغیرهای استقامت، توان و سرعت شود. تمرین مختلط، موجب افزایش عملکرد و بازدهی بیشتر در مقایسه با برنامه‌های تمرین قدیمی‌تر و مجزا می‌شود (۵). سارامیان[6] و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی تأثیر

1. Post Activation Potentiation
2. Langer
3. Evetovich
4. Fernandou
5. Lesinski
6. Saramian

گرم کردن به روش نیرومندسازی بعد از فعالیت بر رکورد ۵۰ متر آزاد در شناگران ملی پرداختند که در این پژوهش چهار روش گرم کردن با هم مقایسه شدند. نتایج نشان داد که روش گرم کردن سنتی مخصوص مسابقه نسبت به نیرومندسازی بعد از فعالیت بالاتنه زمان شنـای سریع‌تری را نشان می‌دهد (۱۴). ترنر[1]و همکاران (۲۰۱۵) از تمرینات پلایومتریک برای نیرومندسازی بعد از فعالیت استفاده کردند. آن‌ها گزارش کردند که تمرینات پلایومتریک منجر به تقویت شتاب سرعت پس از زمان بازگشت به حالت اولیه می‌شود. از طرفی نظرات متفاوتی نیز در خصوص تأثیر نیرومندسازی بعد از فعالیت در پیشرفت و بهبود عملکرد وجود دارد (۱۱).لیم، کنگ[2] (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای تأثیرات سه نوبت برنامه‌های تمرینی نیرومندسازی بعد از فعالیت پویا و ایزومتریک را بر روی بالاترین عملکرد دو سرعت ۱۰، ۲۰ و ۳۰ متر مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها در این مطالعه هیچ‌گونه پیشرفتی در عملکرد دو سرعت بعد از برنامه‌های تمرینی نیرومندسازی گزارش نکردند (۱).

با توجه به نتایج تحقیقات، به نظر می‌رسد استفاده از روش نیرومندسازی بعد از فعالیت نیاز به مطالعه بیشتری دارد. همچنین به دلیل جدید بودن شیوهٔ تمرین نیرومندسازی بعد از فعالیت، اطلاعات کمی در این زمینه در کشور وجود دارد. نتایج این تحقیق می‌تواند راه‌گشای مربیان، مسئولین، دست اندرکاران و محققین علوم ورزشی باشد. با این حال نکته قابل توجه در اجرای نیرومندسازی بعد از فعالیت، قابلیت اجرایی آن در شرایط واقعی مسابقه با کمترین تجهیزات می‌باشد. بر این اساس برخی از مطالعات از فعالیت‌های پلایومتریک به عنوان محرک فعال سازی استفاده کرده‌اند (۱۵،۱۶)، چرا که در حرکات پلایومتریک فراخوانی واحدهای حرکتی تارهای تند انقباض رخ می‌دهد، لذا این حرکات به عنوان محرک فعال‌سازی قابل استفاده می‌باشند. هلفیکر[3]و همکاران (۲۰۰۷) افزایش معنی‌داری را در پرش اسکات و پرش با حرکت عکس بعد از فعال‌سازی از طریق پرش عمقی از ارتفاع ۶۰ سانتی متری را نشان دادند (۱۶). با این وجود کارآیی روش‌های متفاوت نیرومندسازی بعد از فعالیت در بهبود عملکردهای انفجاری جای بحث و بررسی دارد. از آنجایی که تاکنون مطالعه‌ای به بررسی و مقایسه روش‌های پس از فعال‌سازی نپرداخته است و با توجه به اینکه مطالعات اندکی اثر نیرومندسازی بعد از فعالیت را روی اجرای دو سرعت بررسی کرده‌اند و اکثرمطالعات از پرش عمودی، پرش طول و اجرای اکستنشن زانو در اندام تحتانی استفاده کرده‌اند، لذا هدف پژوهش حاضر مقایسه دو روش نیرومندسازی بعد از فعالیت بر توان انفجاری و سرعت دختران ورزشکار بود. امید است انجام این تحقیق بتواند نتایج قابل توجهی را در زمینه‌ی کاهش رکورد ورزشکاران و همچنین ارزیابی انواع تمرینات جهت استفاده‌ی مطلوب افراد ورزشکار به همراه داشته باشد.

روش شناسی پژوهش

آزمودنی‌ها

این پژوهش از نوع نیمه‌تجربی با طـرح پیش‌آزمون-پس آزمون و به شکل میدانی بود. جامعه آماری پژوهش حاضر را ۸۵ نفر از دانشجویان تربیت‌بدنی دختر شهرستـان بندر ترکمن تشکیل دادند که پس از دعوت به همکاری ۲۵ نفر برای شرکت در پژوهش به صورت هدفمند و در دسترس انتخاب شدند. ملاک‌های ورود آزمودنی‌ها به پژوهش عبارت بودند از: آزمودنی‌ها در یک برنامه منظم ورزشی (سه روز در هفته) شرکت داشتند و سابقه شش ماه کار با وزنه را دارا بودند. ضمناً آزمودنی‌هایی که هر گونه بیماری

1. Turner
1. Lim, kong
3. Hilfiker

از قبیل بیماری قلبی- عروقی، دیابت، فشار خون و یا هرگونه مصرف دارو و مصرف دخانیات داشتند از پژوهش خارج شدند. سپس اطلاعات مربوط به قد، وزن، شاخص توده بدنی آزمودنی‌ها ثبت شد. همچنین از آزمودنی‌ها خواسته شد که در طی اجرای برنامه تمرینی از مصرف هرگونه مکمل نیروزا و مواد تحریکی مانند کافئین و غیره خودداری کنند. پس از انجام مراحل فوق، آزمودنی‌ها به صورت تصادفی در پنج گروه تقسیم شدند. گروه تجربی۱ (n=۵): پس از ۷۲ ساعت استراحت و ۱۰ دقیقه گرم کردن، آزمودنی‌ها فعال‌سازی را به صورت حرکات اسکات موازی با ۸۰ درصد 1RM[1] در دو ست و با سه تکرار انجام دادند (استراحت بین ست‌ها: یک دقیقه) (فرناندو و همکاران ۲۰۱۵)، پس از چهار دقیقه آزمون پرش سارجنت انجام شد (یانگ و همکاران ۱۹۹۸). گروه تجربی ۲ (n=۵): پس از ۷۲ ساعت استراحت و ۱۰ دقیقه گرم کردن، آزمودنی‌ها فعال‌سازی را به صورت حرکات اسکات موازی با ۸۰ درصد 1RM در دو ست و با سه تکرار انجام دادند (استراحت بین ست‌ها: یک دقیقه)، پس از چهار دقیقه آزمون ۲۰ متر سرعت انجام شد. گروه تجربی ۳ (n=۵): پس از ۷۲ ساعت استراحت و ۱۰ دقیقه گرم کردن، آزمودنی‌ها فعال سازی را به صورت پرش عمقی از ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری با جلیقه‌ای به وزن ۱۰ درصد وزن آزمودنی در دو ست و با پنج تکرار انجام دادند (۱۵). (استراحت بین ست‌ها: دو دقیقه)، پس از چهار دقیقه آزمون پرش سارجنت انجام شد. گروه تجربی۴ (n=۵): پس از ۷۲ ساعت استراحت و ۱۰ دقیقه گرم کردن، آزمودنی‌ها فعال‌سازی را به صورت پرش عمقی از ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری با جلیقه‌ای به وزن ۱۰ درصد وزن آزمودنی در دو ست و با پنج تکرار انجام دادند (استراحت بین ست‌ها: دو دقیقه)، پس از چهار دقیقه آزمون دوی ۲۰ متر سرعت انجام شد و گروه کنترل (n=۵): آزمودنی‌ها پس از ۱۰ دقیقه گرم کردن عمومی و اختصاصی، آزمون‌های توان انفجاری و دوی ۲۰ متر سرعت انجام دادند.

روش جمع‌آوری اطلاعات

آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه، اطلاعات فردی و سوابق پزشکی را پر کردند و طییک جلسه توجیهی، با برنامه‌های تمرینی و طرح پژوهش و نحوه انجام حرکات توسط محقق آشنا شدند. سپس برای آزمودنی‌هاجهت آشنایی بیشتر چهار جلسه آشنایی با وزنه، حرکات پلایومتریک و آماده سازی ویژه نیرومندسازی بعد از فعالیت گذاشته شد. جهت برآورد توان انفجاری و سرعت دویدن به ترتیب از آزمون‌های پرش سارجنت و دوی ۲۰ متر سرعت (تقسیم شده به ۲ دوی ۱۰ متر) با سه تکرار استفاده شد (یانگ و همکاران، ۱۹۹۸؛ بورکت و همکاران، ۲۰۰۵) و مقادیر پایه پرش سارجنت و دوی ۲۰ متر سرعت اندازه‌گیری شد. سپس آزمودنی ها در یک طرح متقاطع تصادفی در پنج حالت کنترل، تجربی ۱، ۲، ۳ و ۴ (هر کدام به فاصله ۷۲ ساعت) قرار گرفتند. در ابتدای هر جلسه تمرین، آزمودنی‌های گروه تجربی، گرم کردن عمومی شامل دویدن آهسته (در حدود سه دقیقه)، نرمش و حرکات کششی (در حدود هفت دقیقه) را انجام دادند (۱۱). آزمودنی‌ها برای اجرای آزمون نیرومندسازی بعد از فعالیت، پس از ۱۰ دقیقه گرم کردن و انجام تمرین، ۴ دقیقه استراحت نموده سپس به اجرای آزمون مربوطه پرداختند. برنامه نیرومندسازی بعد از فعالیت شامل استفاده از حرکات اسکات موازی با ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه و پرش عمقی از ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری روی سطح زمین به همراه جلیقه‌ای به وزن ۱۰ درصد وزن آزمودنی‌ها (۱۵) و سپس پرش ارتفاع به سمت بالا با حداکثر توان بود. آزمودنی‌ها پس از ۷۲ ساعت استراحت بعد از آزمون، برای اجرای آزمون بعدی آماده شدند. فاصله زمانی بین پیش‌آزمون وپس‌آزمون ۱۵ روز بود.

1. One-Repetition Maximum

روش اندازه‌گیری متغیرها

اندازه‌گیری یک تکرار بیشینه (1RM): ابتدا وزنه‌ای به طور تخمینی حدود ۴۰ تا ۶۰ درصد یک تکرار بیشینه با توجه به تمرین‌های جلسه آشنایی برای هر فرد در نظر گرفته شد. به‌طوری‌که آزمودنی قادر به انجام چند تکرار بود. بعد از استراحت به مدت سه دقیقه، وزنه اضافه شد و در صورتی که قادر به انجام چند حرکت بود. تمرین متوقف و حدود پنج الی ۱۰ درصد به وزنه‌ها افزوده شد، تا اینکه آزمودنی قادر به انجام فقط یک تکرار برای حرکت شد. در این زمان، میزان وزنه جابجا شده در یک حرکت صحیح به عنوان رکود 1RM شخص ثبت شد (۱۷).

آزمون توان انفجاری(پرش سارجنت): در این پژوهش برای اندازه‌گیری توان انفجاری از آزمون سارجنت استفاده گردید. بدین منظور روی دیوار سالن، اندازه‌ها با فواصل ۱۰ سانتی‌متر علامت‌گذاری شد. از آزمودنی خواسته شد که به پهلو کنار دیوار بایستد و انگشت دستی را که کنار دیوار قرار دارد روی اندازه‌ها قرار دهد (بدون اینکه پرشی داشته باشد). این نقطه به عنوان اولین اندازه یـادداشت گردید. در مرحله‌ی بعد، از آزمودنی خواسته شد ابتدا دست خود را به گچ آغشته کرده و در همان حالتی که ایستاده پرشی با تمام نیرو انجام دهد (پرش عمودی) و دست خود را روی اندازه‌ها بزند. اختلاف بین این دو اندازه میزان پرش سارجنت را نشان داد(۱۸).

آزمون دو ۲۰ متر سرعت: برای اجرای این آزمون، آزمودنی مسافت ۲۰ متر را با حداکثر سرعت دوید. بدین‌گونه که پشت خط استارت به حالت شروع ایستاد. مجری آزمون فرمان «به جای خود»، «حاضر» و «رو» را داد. وقت نگه‌دار هنگام عبور دونده از خـط پایان، زمان‌سنج خود را متوقف کرد. بین هر دوی ۲۰ متر پنج دقیقه به آزمودنی‌ها استراحت داده شد. بهترین زمان بدست آمده در سه بار دویدن بر حسب ثانیه و صدم ثانیه به عنوان رکورد دوی سرعت آزمودنی محسوب شد (۱۱).

روش‌های آماری

از آمار توصیفی (میانگین و انحراف استاندارد) برای توصیف داده‌ها استفاده گردید. توزیع نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون گولموگروف –اسمیرنوف مورد بررسی قرارگرفت. برای بررسی تغییرات درون‌گروهی از آزمون t وابسته و برای بررسی تغییرات و مقایسه بین گروهی از آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه و آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. کلیه عملیات آماری توسط نرم افزار SPSS ورژن ۲۰ انجام گردید و سطح معنی‌داری آزمون‌ها $P< ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

نتایج بررسی درون‌گروهی جدول ۱نشـان می‌دهد که پس از مـداخله، در گروه‌های تجری ۱، تجربی ۲، تجربی ۳ و تجربی ۴ سطح توان انفجاری (پرش سارجنت) افزایـش معنی‌داری داشت ولیکن در گروه کنترل تغییر معنی‌داری نداشت.

جدول ۱. تغییرات درون گروهی سطح توان انفجاری در گروه‌های تحقیق

ویژگی	گروه	پیش آزمون M±SD	پس آزمون M±SD	t وابسته	
				مقدار t	مقدار p
توان انفجاری (سانتی‌متر)	تجربی ۱	۳۳± ۱/۸۷	۳۷/۲۰± ۲/۸۶	۴/۵۸۳	۰/۰۱۰*
	تجربی ۲	۳۰± ۵/۲۹	۳۴/۶۰± /۵۹	۶/۱۴۷	۰/۰۰۴*
	تجربی ۳	۲۹/۸۰± ۶/۱۴	۳۵± ۴/۸۴	۶/۵۰۰	۰/۰۰۳*
	تجربی ۴	۲۵± ۷/۳۸	۳۱± ۵/۴۳	۴/۶۰۲	۰/۰۱۰*
	کنترل	۲۳/۶۰± ۱۰/۸۴	۲۴/۴۰± ۵/۳۱	۰/۲۳۱	۰/۸۲۹
M±SD: انحراف استاندارد ± میانگین؛ * سطح معناداری P≤ ۰/۰۵					

نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه سطح توان انفجاری گروه‌های مختلف تحقیق در مرحله پس آزمون، ارزش F محاسبه شده (۶/۲۵۴) و معنی‌داری آن (P=۰/۰۰۲) در جدول ۲ نشان داده شد. این نتایج بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار بین سطح توان انفجاری گروه‌ها در مرحله پس آزمون می‌باشند.

جدول ۲. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه سطح توان انفجاری گروه‌ها در پس‌آزمون

منابع تغییر توان انفجاری گروه‌ها در پس آزمون	مجموع مربعات SS	درجات آزادی df	میانگین مربعات	ارزش F	ارزش p
بین گروهی	۸۷۸/۰۰۰	۴	۲۱۹/۵۰۰	۶/۲۵۴	۰/۰۰۲*
درون گروهی	۷۰۲/۰۰۰	۲۰	۳۵/۱۰۰		
جمع کل	۱۵۸۰/۰۰۰	۲۴			
* سطح معناداری P≤ ۰/۰۵					

نتایج آزمون تعقیبی توکی و معنی‌داری تغییرات بین گروهی سطح توان انفجاری در گروه‌های مختلف تحقیق در جدول ۳ نشان داد که پس دوره تمرین، سطح توان انفجاری گروه‌های تجربی ۱ (P=۰/۰۰۴)، تجربی ۲ (P=۰/۰۰۷) و تجربی ۳ (P=۰/۰۰۵)، به طور معنی‌داری نسبت به گروه کنترل بالاتر بود، اما تفاوت معنی‌داری بین دیگر گروه‌های تحقیق مشاهده نشد. لذا فرض تحقیق تأیید و فرض صفر رد می‌شود یعنی بین توان انفجاری پس از فعال‌سازی، از طریق حرکات مقاومتی ایزوتونیک و پلایومتریک تفاوت معنی-داری وجود دارد.

جدول ۳. نتایج آزمون تعقیبی توکی سطوح توان انفجاری گروه‌های تحقیق در پس آزمون

گروه	تجربی ۱	تجربی ۲	تجربی ۳	تجربی ۴	کنترل
تجربی ۱	---	M = ۰/۸۰۰۰۰ p = ۰/۹۹۹	M = ۰/۲۰۰۰ p = ۱/۰۰۰	M = ۶/۶۰۰۰۰ p = ۰/۴۲۲	M = ۱۵/۴۰۰۰۰ p =۰/۰۰۴*
تجربی ۲	---	---	M = ۰/۶۰۰۰۰ p = ۱/۰۰۰	M = ۵/۸۰۰۰۰ p = ۰/۵۴۵	M = ۱۴/۶۰۰۰۰ p = ۰/۰۰۷*
تجربی ۳	---	---	---	M = ۶/۴۰۰۰۰ p = ۰/۴۵۲	M = ۱۵/۲۰۰۰۰ p = ۰/۰۰۵*
تجربی ۴	---	---	---	---	M = ۸/۸۰۰۰۰ p = ۰/۱۷۱
کنترل	---	---	---	---	---
* سطح معناداری P≤ ۰/۰۵					

نتایج بررسی درون‌گروهی در جدول ۴ نشان می‌دهد که پس از دوره مداخله، در گروه‌های تجری ۱، تجربی ۲، تجربی ۳ و تجربی ۴ سطح سرعت کاهش معنی‌داری داشت، ولیکن در گروه کنترل تغییر معنی‌داری نداشت.

جدول ۴. تغییرات درون‌گروهی سطوح سرعت در گروه‌های تحقیق

ویژگی	گروه	پیش آزمون M±SD	پس آزمون M±SD	t وابسته	
				مقدار t	مقدار p
سرعت (ثانیه)	تجربی ۱	۵/۲۰ ± ۰/۵۲۰	۴/۴۸ ± ۰/۲۳۸	۲/۶۲۲	۰/۰۵*
	تجربی ۲	۵/۵۰ ± ۰/۲۹۸	۴/۷۳ ± ۰/۱۵۰	۸/۸۴۰	۰/۰۰۱*
	تجربی ۳	۵/۰۴ ± ۰/۰۷۶	۴/۳۳ ± ۰/۱۹۰	۸/۱۲۷	۰/۰۰۱*
	تجربی ۴	۵/۵۳ ± ۰/۳۰۶	۴/۶۷ ± ۰/۴۲۰	۶/۶۳۰	۰/۰۰۳*
	کنترل	۵/۴۷ ± ۰/۳۵۸	۵/۰۹ ± ۰/۱۶۷	۲/۵۸۳	۰/۰۶۱
M±SD: انحراف استاندارد ± میانگین؛ * سطح معناداری P≤ ۰/۰۵					

نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه در متغیر سرعت گروه‌های مختلف تحقیق در مرحله پس آزمون، ارزش F محاسبه شده (۶/۳۵۱) و معنی‌داری آن (P=۰/۰۰۲) در جدول ۵ نشان داده شد. این نتایج بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار بین سطح سرعت گروه‌ها در مرحله پس آزمون می‌باشند.

جدول ۵. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه سطح سرعت گروه‌ها در پس‌آزمون

منابع تغییر سرعت گروه ها در پس آزمون	مجموع مربعات SS	درجات آزادی df	میانگین مربعات	ارزش F	ارزش p
بین گروهی	۱/۶۳۱	۴	۰/۴۰۸	۶/۳۵۱	۰/۰۰۲*
درون گروهی	۱/۲۸۴	۲۰	۰/۰۶۴		
جمع کل	۲/۹۱۵	۲۴			
* سطح معناداری P≤ ۰/۰۵					

نتایج آزمون تعقیبی توکی و معنی‌داری تغییرات بین گروهی سطح سرعت در گروه‌های مختلف تحقیق در جدول ۶ نشان داد که پس دوره تمرین، سطح سرعت گروه‌های تجربی ۱ (P=۰/۰۰۹) و تجربی ۳ (P=۰/۰۰۱)، به طور معنی‌داری نسبت به گروه کنترل پایین‌تر بود، اما تفاوت معنی‌داری بین دیگر گروه‌های تحقیق مشاهده نشد. لذا فرض تحقیق تأیید و فرض صفر رد می‌شود یعنی بین سرعت پس از فعال‌سازی، از طریق حرکات مقاومتی ایزوتونیک و پلایومتریک تفاوت معنی‌داری وجود دارد.

جدول ۶. نتایج آزمون تعقیبی توکی سطح سرعت گروه‌های تحقیق در پس آزمون

گروه	تجربی ۱	تجربی ۲	تجربی ۳	تجربی ۴	کنترل
تجربی ۱	---	M = ۰/۲۵۰۰۰ p = ۰/۵۳۸	M = ۰/۱۴۲۰۰ p = ۰/۸۹۹	M = ۰/۱۹۸۰۰ p = ۰/۷۳۱	M = ۰/۶۱۰۰۰ p =۰/۰۰۹*
تجربی ۲	---	---	M = ۰/۳۹۲۰۰ p = ۰/۱۴۴	M = ۰/۰۵۲۰۰ p = ۰/۹۹۷	M = ۰/۳۶۰۰۰ p = ۰/۲۰۴
تجربی ۳	---	---	---	M = ۰/۳۴۰۰۰ p = ۰/۲۵۰	M = ۰/۷۵۲۰۰ p = ۰/۰۰۱*
تجربی ۴	---	---	---	---	M = ۰/۴۱۲۰۰ p = ۰/۱۱۴
کنترل	---	---	---	---	---
* سطح معناداری P≤ ۰/۰۵					

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر، اثر دو روش متفاوت نیرومندسازی بعد از فعالیت از طریق حرکات مقاومتی ایزوتونیک و حرکات پلایومتریک بر توان انفجاری و سرعت دویدن دختران ورزشکار بود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در سطح توان انفجاری گروه-های تجربی۱ (۱۲/۷۲ درصد)، تجربی۲ (۱۵/۳۳ درصد) و تجربی۳ (۱۷/۴۴ درصد)، به طور معنی‌داری نسبت به گروه کنترل بالاتر بود، اما تفاوت معنی‌داری بین دیگر گروه‌های پژوهش مشاهده نشد. همچنین نتایج کلی نشان داد که بین توان انفجاری نیرومندسازی بعد از فعالیت، از طریق حرکات مقاومتی ایزوتونیک و پلایومتریک تفاوت معنی‌داری وجود دارد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج اوتوویچ و همکاران (۲۰۱۵)، گارسیا و همکاران (۲۰۱۵) و سیتز و همکاران (۲۰۱۴) هم‌خوانی دارد (۶،۷،۱۰) و با نتایج گوئرا و همکاران (۲۰۱۸)، مک‌کان و فلاناگان (۲۰۱۰)، خاموییی و همکاران (۲۰۰۹) و تِیل و همکاران (۲۰۰۹) هم‌خوانی ندارد (۱۹،۲۰،۲۱،۲۲). دلیل مغایرت را می‌توان تفاوت در برنامه تمرینی نیرومندسازی بعد از فعالیت، اجرای مهارت ورزشی، میزان و نوع بار مقاومتی و همچنین فاصله زمانی بین اعمال نیزومندسازی بعد از فعالیت بیان کرد. گارسیا و همکاران (۲۰۱۵) مشاهده کردند که تمرین نیرومندسازی بعد از فعالیت موجب بهبود پرش درجا در سرتاسر مسابقه شد (۷). همچنین سیتز و همکاران (۲۰۱۴) نیز گزارش کردند که گروه قوی‌تر، واکنش نیرومندسازی بعد از فعالیت بالاتری را نسبت به گروه ضعیف‌تر در کل آزمون‌های حرکت پرش اسکات داشتند (۱۰). بنابراین با توجه به نتایج پژوهش حاضر، انجام حرکات قدرتی می‌تواند به بهبود توان عضلانی و عملکردهای انفجاری و سرعتی ورزشکاران کمک کند. توان بی‌هوازی یک معیار مهم برای عملکرد ورزشی می‌باشد. همچنین عملکرد توان بی‌هوازی ارتباط نزدیکی با توان انقباضی ایستا و پویای پاها دارد (۲۳). در همین راستا، آزمون پرش سارجنت به عنوان یکی از روش‌های عملی برای ارزیابی توان بی‌هوازی یا انفجاری به کار می‌رود (۲۴). تمرین قدرتی و پلایومتریک اثر مثبتی روی ویژگی‌های عصبی-عضلانی و توان انفجاری دارد. به طوری که تمرین قدرتی، می‌تواند از طریق تغییر در سیستم عصبی و عضلانی توان بی‌هوازی را بهبود ببخشد. سازگاری‌های عصبی و عضلانی می‌تواند شامل افزایش فعالیت آنزیم‌های بی‌هوازی، افزایش گلیکوژن داخل سلولی، تغییر در نوع تارهای عضلانی (۲۵)، افزایش هدایت عصبی، افزایش فراخوانی واحدهای حرکتی و کاهش مهار عصبی باشد (۲۶). از دلایل احتمالی افزایش توان انفجاری در آزمودنی‌های پژوهش حاضر می‌تواند، استفاده از برنامه تمرینی

نیرومندسازی بعد از فعالیت در طول جلسه تمرینی و میزان و نوع بار مقاومتی دانست. تارهای عضلانی تند انقباض نقش عمده‌ای در بهبود عملکرد عضلانی، همراه با فعالیت‌های توانی-قدرتی ایفا می‌کنند. خامویی و همکاران (۲۰۰۹) هیچ تفاوت معنی-داری در پارامترهای پرش عمودی مشاهده نکردند (۲۱). تِیل و همکاران (۲۰۰۹) نیز اثر تمرین نیرومندسازی بعد از فعالیت در اجرای پرش و دویدن مردان فوتبالیست را مورد ارزیابی قرار دادند و نتایج نشان داد که تمرینات نیرومندسازی بعد از فعالیت هیچ اثری بر اجرای پرش و دویدن ندارد (۲۲). اگرچه به طورکامل مکانیسم‌های نیرومندسازی بعد از فعالیت مشخص نیست، اما به نظر می‌رسد نیرومندسازی بعد از فعالیت ازترکیب مکانیسم‌های مولکول یاحتمالی درگیر،اصلی‌ترین آن‌ها فسفوریلاسیون زنجیره سبک تنظیمی میوزین که ساختار پل‌های عرضی را تغییرمی‌دهد و سرهای کروی میوزین را در موقعیتی نزدیک‌تربه رشته‌های نازک اکتین قرار می‌دهد،بنابراین احتمال ارتباط بین پروتئین‌های انقباضی افزایش می‌یابد (۲۷). از مکانیسم‌های احتمالی دیگر می‌توان به افزایش غلظت کلسیم در سارکوپلاسم اشاره کرد که ممکن است منجر به افزایش ظرفیت ایجاد تنش و تغییرات در الگوی نیرومندسازی عصبی، مانند تحریک پذیری بیشتر ذخیره نورون حرکتی، افزایش فراخوانی واحدهای حرکتی گاما،افزایش هماهنگ سازی واحدهای حرکتی و یا کاهش مهار پیش‌سیناپسی و در نتیجه قدرت عضلانی شود (۲۸). تحقیقات نشان داده‌اندکه پس از انجام تمرینات سرعتی ذخایر گلیکوژن عضله به عنوان یک ماده سوختی مهم در فعالیت‌هایی با تکرارهای سرعتی، افزایش می‌یابد (۱۰،۲۹،۳۰). این مسئله باعث می‌شود تا بارگیری مجدد آدنوزین تری فسفات سریع‌تر انجام گیرد و بنابراین توان هوازی بهبود یابد (۲۸).صرف نظر از عوامل بیومکانیکی، پرش قابلیتی است که به لحاظ بیوشیمیایی به ظرفیت ذخایر فسفاژن فرد و توانایی او در استفاده سریع از این ذخایر بستگی دارد (۳۱). مزیّت تمرینات قدرتی در این است که موجب آمادگی دستگاه عصبی عضلانی نیز می‌شود و در نتیجه به ورزشکاران اجازه می‌دهد تا در فعالیت‌هایی که همراه با تغییر جهت می‌باشند، به نحو قدرتمند و سریعی اجرای وظیفه نمایند. با انجام این‌گونه تمرین‌ها، زمان مورد نیاز برای تغییر جهت، کاهش یافته و در نتیجه، سرعت و توان انفجاری، افزایش می‌یابد(۳۰). در خلال مراحل ابتدایی تمرین با وزنه کنترل عصبی با آرایش جدید شروع می‌شود تا فراخوانی واحدهای حرکتی با آستانه بالا، امکان تولید نیروی بیشتر را فراهم سازد. افزایش فعالیت عضله ممکن است ناشی از میزان بالای تحریک عصبی یک واحد حرکتی منفرد در تمرین و تولید نیروی بیشتر از همان مجموعه تار فعال باشد. تغییر در کیفیت پروتئین‌ها زنجیره‌های سنگین میوزین و آنزیم‌های ATP آز میوزین، در آغاز برنامه‌های تمرین مقاومتی و پلایومتریک مشاهده می‌شود (۲۸). به طور کلی افزایش رکورد پرش و توان انفجاری ورزشکاران احتمالاً ناشی از فعال شدن مکانیسم‌های خاص نظیر اجزاء الاستیکی، رفلکسی و انقباضی می‌باشد، که می‌توان مورد توجه و دقت قرار گیرد. همچنین مکانیسم‌های که ممکن است مسئول افزایش توان بی‌هوازی شوند شامل افزایش استفاده از مسیرهای گلیکولیتیک است که سبب افزایش غلظت آنزیم‌های فسفوفروکتوکیناز یا فسفوریلاز می‌شوند و بدین ترتیب موجب افزایش نسبی در تولید نیرو و سازگاری عصبی می‌شوند (۳۲).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تغییرات بین گروهی در متغیرسرعت در گروه‌های تجربی۱ (۱۳/۸۴ درصد) و تجربی۳ (۱۴/۰۸ درصد)، به طور معنی‌داری نسبت به گروه کنترل پایین‌تر بود، اما تفاوت معنی‌داری بین دیگر گروه‌های پژوهش مشاهده نشد. همچنین نتایج کلی نشان داد که سرعت نیرومندسازی بعد از فعالیت، از طریق حرکات مقاومتی ایزوتونیک و پلایومتریک در برخی از گروه‌های تجربی نسبت به گروه کنترل تفاوت معنی‌داری وجود دارد. از آنجا که تمرینات پلایومتریک در چرخه کشش انقباض سبب تغییر سرعت در مرحله انقباض برون‌گرا و درون‌گرا می‌شود، افزایش و تقویت این دو مرحله کاهش فاصله زمانی بین مرحله انقباض برون‌گرا و درون‌گرا را به همراه دارد. در نتیجه، تمرین‌های پلایومتریک سبب افزایش و بهبود سرعت می‌شود. همچنین پژوهش‌های گوناگونی نیز اثر معنی‌دار تمرین‌های پلایومتریک را بر سرعت دویدن را گزارش کرده‌اند (۷،۳۰). جهش‌های

متوالی در تمرین‌های پلایومتریک سبب تولید انرژی ارتجاعی در مرحله انقباض برون‌گرا می‌شود و این انرژی ارتجاعی به وجود آمده در عضلات که ناشی از نیروی جاذبه و وزن بدن است، طی مرحله انقباض درون‌گرا استفاده می‌شود. تقویت این نیروی ارتجاعی در نهایت سبب کاهش زمان در سرعت خواهد شد (۱۰). به نظر می‌رسد افزایش سرعت و کاهش زمان دویدن ورزشکاران در اثر تمرینات پلایومتریک احتمالاً در اثر سازگاری‌های عصبی-عضلانی و تغییرات سرعت در مرحله انقباض برون‌گرا و درون‌گرا باشد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج لسینسکی و همکاران (۲۰۱۴)، سارامیان و همکاران (۲۰۱۳)، هانکاک و همکاران (۲۰۱۲)، کلیدوف و همکاران (۲۰۱۱) هم‌خوانی دارد (۵،۱۴،۳۳،۳۴).همچنین نتایج این پژوهش با نتایج مطالعات لیم و کنگ (۲۰۱۳)، اسمیت (۲۰۱۲)، فاروپ و همکاران (۲۰۱۰) مغایرت دارد (۱،۳۵،۳۶). دلیل این مغایر بودن احتمالاً به علت تفاوت در اجرای مهارت‌های ورزشی، نوع تمرین‌های استفاده شده برای این برنامه نیرومندسازی بعد از فعالیت و مدت گرم کردن و استراحت و همچنین مقدار و یا نوع بار مقاومتی و تفاوت فردی می‌تواند باشد. لیم کنگ (۲۰۱۳) تأثیرات سه نوبت برنامه‌های نیرومندسازی بعد از فعالیت پویا و ایزومتریک را بر بالاترین عملکرد دو سرعت ۱۰، ۲۰، ۳۰ متر بررسیکردتد که نتایج آن‌ها نشان داد تمرین نیرومندسازی بعد از فعالیت هیچ‌گونه اثر معنی‌داری در عملکرد دوی سرعت در میان ۴ پروتکل در فواصل ۱۰، ۲۰ و ۳۰ متر نداشته است (۱). هانکاک و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان دادند که روش گرم کردن نیرومندسازی بعد از فعالیت بر رکورد شناگران در مسافت ۱۰۰ متر شنای آزاد موجب پیشرفت و بهبود عملکرد آنان گردیده است (۳۳). واسطه‌ی افزایش درگیری واحدهای حرکتی در هر انقباض و فراخوانی تکانش‌های عصبی که موجب فعال شدن واحدهای حرکتی بیشتری می‌شود. هماهنگی عصبی-عضلانی، ورزشکار را قادر می‌سازد که توان خود را با تمرینات قدرتی افزایش دهد. تمرین با وزنه می‌تواند سبب افزایش سرعت انتقال پیام‌های صادره از عضله به مراکز عصبی و نیز از مراکز عصبی به عضله شود. این موضوع می‌تواند سبب افزایش سرعت انتقال در زمان تبدیل محرک دریافت شده به جریان‌های عصبی و تسریع جریان‌های عصبی از طریق نرون‌های عصبی-حرکتی وابران به طرف عضله شود. همین امر می‌تواند سبب کاهش زمان سرعت شود (۳۷). سازگاری‌های فیزیولوژیکی در پاسخ به تمرین، نسبت به نوع تمرین بسیار ویژه است. به علاوه هر چه برنامه تمرینی در یک ورزش یا فعالیت اختصاصی‌تر باشد، پیشرفت بیشتری در عملکرد آن ورزش ایجاد می‌گردد. برخی از بررسی‌ها تأثیر برنامه تمرینات نیرومندسازی بعد از فعالیت را روی عملکرد ورزشی سریع و انفجاری ناشی از سازگاری‌های عصبی- عضلانی می‌دانند (۳۸). نیرومندسازی بعد از فعالیت فسفریلاسیون زنجیره سبک پروتئین ضخیم عضله (میوزین) را افزایش می‌دهد و حساسیت آن را نسبت به کلسیم زیاد می‌کند. البته می‌توان گفت هر نوع تغییر در عملکرد، ممکن است نتیجه یک افزایش در دمای عضله یا چند مکانیسم دیگر باشد. یک نکته بسیار مهم در تأثیرگذاری نیرومندسازی بعد از فعالیت وجود دارد و آن فرصت کوتاه استفاده از نیرومندسازی است. در یک بررسی بیان نمودند، بهترین حالت استفاده از این نیرومندسازی در یک دقیقه اول است (۳۹).

به طور کلی به عنوان یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که برنامه تمرین نیرومندسازی بعد از فعالیت در این تحقیق موجب بهبود توان انفجاری و سرعت ورزشکاران شد و مربیان و ورزشکاران می‌توانند به منظور آماده‌سازی ورزشکاران در ورزش‌هایی که نیاز به سرعت و توان انفجاری دارند از تمرین‌های نیرومندسازی بعد از فعالیت استفاده کنند تا سریع‌تر به نتیجه مطلوب برسند. البته با توجه به برخی مغایرت‌های موجود با پژوهش‌های گذشته به نظر می‌رسد مطالعات بیشتری پیرامون این موضوع هنوز ضروری می‌باشد.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد در گرایش فیزیولوژی ورزش می‌باشد. بدین وسیله نویسندگان از کلیه افرادی که به عنوان نمونه در این مطالعه شرکت نموده و موجبات انجام تحقیق را فراهم نموده‌اند، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

منابع

1. Lim, J. J., & Kong, P. W. (2013). Effects of isometric and dynamic postactivation potentiation protocols on maximal sprint performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *27*(10), 2730-2736. [Doi: 10.1519/JSC.0b013e3182815995]
2. Petisco, C., Ramirez-Campillo, R., Hernández, D., Gonzalo-Skok, O., Nakamura, F. Y., & Sanchez-Sanchez, J. (2019). Post-activation potentiation: Effects of different conditioning intensities on measures of physical fitness in male young professional soccer players. *Frontiers in psychology*, *10*, 1167. [Doi: 10.3389/fpsyg.2019.01167]
3. Lorenz, D. (2011). Postactivation potentiation: An introduction. *International journal of sports physical therapy*, *6*(3), 234. [PMCID: PMC3164001] [PMID: 21904700]
4. Xenofondos, A., Patikas, D., Koceja, D. M., Behdad, T., Bassa, E., Kellis, E., & Kotzamanidis, C. (2015). Post-activation potentiation: The neural effects of post—activation depression. *Muscle & nerve*, *52*(2), 252-259. [Doi: 10.1002/mus.24533]
5. Lesinski, M., Mühlbauer, T., Büsch, D., & Granacher, U. (2014). Effects of complex training on strength and speed performance in athletes: a systematic review. Effects of complex training on athletic performance. *Sportverletzung Sportschaden: Organ der Gesellschaft fur Orthopadisch-Traumatologische Sportmedizin*, *28*(2), 85-107. [Doi: 10.1055/s-0034-1366145]
6. Evetovich, T. K., Conley, D. S., & McCawley, P. F. (2015). Postactivation potentiation enhances upper- and lower-body athletic performance in collegiate male and female athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *29*(2), 336-342. [Doi: 10.1519/JSC.0000000000000728]
7. García-Pinillos, F., Soto-Hermoso, V. M., & Latorre-Román, P. A. (2015). Acute effects of extended interval training on countermovement jump and handgrip strength performance in endurance athletes: postactivation potentiation. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *29*(1), 11-21. [Doi: 10.1519/JSC.0000000000000591]
8. Tillin, N. A., & Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports medicine*, *39*, 147-166. [Doi: 10.2165/00007256-200939020-00004]
9. Wilson, J. M., Duncan, N. M., Marin, P. J., Brown, L. E., Loenneke, J. P., Wilson, S. M., ... & Ugrinowitsch, C. (2013). Meta-analysis of postactivation potentiation and power: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *27*(3), 854-859. [Doi: 10.1519/JSC.0b013e31825c2bdb]
10. Seitz, L. B., de Villarreal, E. S., & Haff, G. G. (2014). The temporal profile of postactivation potentiation is related to strength level. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *28*(3), 706-715.
11. Turner, A. P., Bellhouse, S., Kilduff, L. P., & Russell, M. (2015). Postactivation potentiation of sprint acceleration performance using plyometric exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *29*(2), 343-350. [Doi: 10.1519/JSC.0000000000000647]

12. Langer, A., Ignatieva, A., Fischerova, P., Nitychoruk, M., Gołaś, A., & Maszczyk, A. (2022). Effect of post-activation potentiation on the force, power and rate of power and force development of the upper limbs in mixed martial arts (MMA) fighters, taking into account training experience. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, *14*(2), 2. [Doi: 10.29359/BJHPA.14.2.02]
13. Beato, M., Bigby, A. E., De Keijzer, K. L., Nakamura, F. Y., Coratella, G., & McErlain-Naylor, S. A. (2019). Post-activation potentiation effect of eccentric overload and traditional weightlifting exercise on jumping and sprinting performance in male athletes. *PloS one*, *14*(9), e0222466. [Doi: 10.1371/journal.pone.0222466]
14. Sarramian, V. G., Turner, A., & Greenhalgh, A. K. (2014). Effects of post activation potentiation on 50 meters free style in national swimmers. *J. Strength cond Res. 10*, 1519.
15. Burkett, L. N., Phillips, W. T., & Ziuraitis, J. (2005). The best warm-up for the vertical jump in college-age athletic men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *19*(3), 673-676.
16. Hilfiker, R., Hübner, K., Lorenz, T., & Marti, B. (2007). Effects of drop jumps added to the warm-up of elite sport athletes with a high capacity for explosive force development. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *21*(2), 550-555.
17. Assumpcao, C. O., Tibana, R. A., Viana, L. C., Willardson, J. M., & Prestes, J. (2013). Influence of exercise order on upper body maximum and submaximal strength gains in trained men. *Clinical physiology and functional imaging*, *33*(5), 359-363. [Doi: 10.1111/cpf.12036]
18. Young, W. B., Jenner, A., & Griffiths, K. (1998). Acute enhancement of power performance from heavy load squats. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *12*(2), 82-84.
19. Guerra Jr, M. A., Caldas, L. C., De Souza, H. L., Vitzel, K. F., Cholewa, J. M., Duncan, M. J., & Guimarães-Ferreira, L. (2018). The acute effects of plyometric and sled towing stimuli with and without caffeine ingestion on vertical jump performance in professional soccer players. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *15*(1), 51. [Doi: 10.1186/s12970-018-0258-3]
20. McCann, M. R., & Flanagan, S. P. (2010). The effects of exercise selection and rest interval on postactivation potentiation of vertical jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *24*(5), 1285-1291.
21. Khamoui, A. V., Brown, L. E., Coburn, J. W., Judelson, D. A., Uribe, B. P., Nguyen, D., ... & Noffal, G. J. (2009). Effect of potentiating exercise volume on vertical jump parameters in recreationally trained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *23*(5), 1465-1469.
22. 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. [Doi: 10.1519/JSC.0b013e3181b8666e]
23. Chamari, K., Hachana, Y., Kaouech, F., Jeddi, R., Moussa-Chamari, I., & Wisløff, U. (2005). Endurance training and testing with the ball in young elite soccer players. *British journal of sports medicine*, *39*(1), 24-28. [Doi: 10.1136/bjsm.2003.009985]
24. Lorenz, D. (2011). Postactivation potentiation: An introduction. *International journal of sports physical therapy*, *6*(3), 234. [PMCID: PMC3164001] [PMID: 21904700]
25. Jung, A. P. (2003). The impact of resistance training on distance running performance. *Sports Medicine*, *33*, 539-552. [Doi: 10.2165/00007256-200333070-00005]
26. Bevan, H. R., Cunningham, D. J., Tooley, E. P., Owen, N. J., Cook, C. J., & Kilduff, L. P. (2010). Influence of postactivation potentiation on sprinting performance in professional rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *24*(3), 701-705.
27. Roig, M., O'Brien, K., Kirk, G., Murray, R., McKinnon, P., Shadgan, B., & Reid, W. D. (2009). The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy

28. adults: a systematic review with meta-analysis. *British journal of sports medicine*, *43*(8), 556-568. [Doi: 10.1136/bjsm.2008.051417]
29. Mostafalou, A., Hosseini Kakhak, S. A. R., & Haghighi, A. H. (2018). The effect of resistance training with emphasis on eccentric phase with and without blood flow restriction and traditional resistance training on blood cortisol, endurance performance and anaerobic power in male soccer players. *Metabolism and Exercise*, *8*(1), 61-77. [Doi: 10.22124/jme.2018.3564] [In Persian]
30. Mola, J. N., Bruce-Low, S. S., & Burnet, S. J. (2014). Optimal recovery time for postactivation potentiation in professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *28*(6), 1529-1537.
31. Dobbs, W. C., Tolusso, D. V., Fedewa, M. V., & Esco, M. R. (2019). Effect of postactivation potentiation on explosive vertical jump: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *33*(7), 2009-2018.
32. Krzysztofik, M., Wilk, M., Stastny, P., & Golas, A. (2021). Post-activation performance enhancement in the bench press throw: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, *11*, 598628. [Doi: 10.3389/fphys.2020.598628]
33. Buresh, R., Berg, K., & French, J. (2009). The effect of resistive exercise rest interval on hormonal response, strength, and hypertrophy with training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *23*(1), 62-71.
34. Hancock, A. P. (2012). *Effect of post-activation potentiation (PAP) on swim sprint performance* (Doctoral dissertation, Cleveland State University). [Available from: http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=csu1346001907]
35. Kilduff, L. P., Cunningham, D. J., Owen, N. J., West, D. J., Bracken, R. M., & Cook, C. J. (2011). Effect of postactivation potentiation on swimming starts in international sprint swimmers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *25*(9), 2418-2423. [Doi: 10.1519/JSC.0b013e318201bf7a]
36. Azcarate Argote, I. (2020). Effects of Post Activation Potentiation warm-up on subsequent sprint performance: a systematic review. [Available from: http://hdl.handle.net/10810/43490]
37. Farup, J., & Sørensen, H. (2010). Postactivation potentiation: upper body force development changes after maximal force intervention. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *24*(7), 1874-1879.
38. Arazi, H., Damirchi, A., & Taheri Gandomi R. (2007). Investigating and comparing the effect of weight and plyometric exercises on running speed and explosive power of athletes. *Harkat*, *28*, 5-17. [In Persian].
39. Makaruk, H., Starzak, M., Suchecki, B., Czaplicki, M., & Stojiljković, N. (2020). The effects of assisted and resisted plyometric training programs on vertical jump performance in adults: a systematic review and meta-analysis. *Journal of sports science & medicine*, *19*(2), 347. [PMCID: PMC7196747] [PMID: 32390728]
40. 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.