Applied research in sports nutrition and exercise science

Comparing the effects of intensity and type of static and dynamic voluntary contractions on the anaerobic power of volleyball players

Mohammad Hasani

Ph.D., Department of Sports Physiology, Applied Science University, Qom, Iran.
Msv.55.hasani@gmail.com

Abstract

Purpose: The purpose of the present study was to compare the effects of the intensity and type of voluntary contractions on the anaerobic capacity of young male volleyball players in Qom.

Method: This research was conducted semi-experimentally, with a cross-sectional and applied design, on 12 young male volleyball players in Qom, with at least two years of sports experience. The studied samples, on five different days, randomly one of the protocols of warming up, warming up and performing three sets of four seconds of static half-squat with an intensity of 85% of 1RM and with an intensity of 50% of 1RM; They warmed up and performed four sets of four repetitions of vertical jump with 6% 1RM load by weight vest and 3% 1RM load by weight vest. After 7 minutes and 30 seconds following the implementation of the protocols, the subjects were given the Wingate test. ANOVA test with repeated measures was used to analyze the data, and Benferroni's post hoc test was used to compare the two protocols.

Findings: The results of this research showed that there is a significant difference in anaerobic power between the effects of high and low intensity voluntary contractions of static (85 and 50% 1RM) and dynamic (6 and 3% of 1RM weight vest), with general warm-up; This difference is significant in the 3% weight vest protocol test, compared to the general warm-up.

Conclusion: The results of this research have significantly increased the anaerobic power factor in the performance of movement speed with a 3% weight vest load. The most effective of these protocols can be seen in the physical fitness factors of anaerobic power (power and speed functions).

Keywords: Static voluntary contractions, Dynamic voluntary contractions, Anaerobic capacity, Volleyball players, Qom city, Men.

Cite: Hasan, M. (2024). Comparing the effects of intensity and type of static and dynamic voluntary contractions on the anaerobic power of volleyball players. *Applied Research in Sports Nutrition and Exercise Science*, 1(1), p. 39-54.

Received: 2023-12-30 ; **Revised:** 2024-01-25 ; **Accepted:** 2024-02-26 ; **Published online:** 2024-03-18

© The Author(s). **Article type:** Research Article **Published by:** University of Qom.

پژوهش های کاربردی در تغذیه ورزشی و علم تمرین

مقایسه اثرات شدت و نوع انقباضات ارادی ایستا و پویا بر توان بی‌هوازی بازیکنان والیبال

محمد حسنی

دکتری، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه علمی- کاربردی، قم، ایران. Msv.55.hasani@gmail.com

چکیده

هدف: هدف پژوهش حاضر مقایسه اثرات شدت و نوع انقباضات ارادی بر توان بی‌هوازی بازیکنان مرد جوان والیبال قم بود.

روش: این تحقیق به صورت نیمه تجربی، و با طرح متقاطع و کاربردی، روی ۱۲ نفر از بازیکنان مرد جوان والیبال قم، با حداقل دو سال سابقه فعالیت ورزشی انجام شد. نمونه‌های مورد مطالعه، در پنج روز متفاوت، به صورت تصادفی یکی از پروتکل‌های گرم کردن، گرم کردن و اجرای سه ست چهار ثانیه‌ای نیم اسکات ایستا با شدت ۸۵ درصد 1RM و با شدت ۵۰ درصد 1RM؛ گرم کردن و اجرای چهار ست چهار تکراره پرش عمودی با اعمال بار ۶ درصدی 1RM توسط جلیقه وزنه و با اعمال بار ۳ درصدی 1RM توسط جلیقه وزنه را اجرا کردند. پس از گذشت هفت دقیقه و سی ثانیه متعاقب اجرای پروتکل‌ها، از آزمودنی‌ها، آزمون وینگیت به‌عمل آمد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون آنوا با اندازه‌گیری تکراری استفاده شد و برای مقایسه دو به دوی پروتکل‌ها، از آزمون تعقیبی بنفرونی استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج این پژوهش نشان داد، توان بی‌هوازی بین تأثیرات شدت بالا و پایین انقباضات ارادی ایستا (۸۵ و ۵۰ درصد 1RM) و پویا (۶ و۳ درصد 1RM جلیقه وزنه)، با گرم کردن عمومی، تفاوت معنی‌داری وجود دارد؛ این تفاوت در آزمون پروتکل ۳ درصد جلیقه وزنه، در مقایسه با گرم کردن عمومی، معنادار است.

نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق در عملکرد سرعت حرکت با بار جلیقه وزنی ۳ درصد، باعث افزایش قابل توجه فاکتور توان بی‌هوازی شده است. بیشترین کارایی این پروتکل‌ها در فاکتورهای آمادگی‌جسمانی توان بی‌هوازی (توابع قدرت و سرعت)، قابل مشاهده است.

کلیدواژه‌ها: انقباضات ارادی ایستا، انقباضات ارادی پویا، توان بی‌هوازی، بازیکنان والیبال، شهر قم، مردان.

استناد به این مقاله: حسنی، محمد (۱۴۰۳). مقایسه اثرات شدت و نوع انقباضات ارادی ایستا و پویا بر توان بی‌هوازی بازیکنان والیبال. *پژوهش‌های کاربردی در تغذیه ورزشی و علم تمرین*، ۱(۱)، ص۳۹-۵۴.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۰۹ ؛ **تاریخ اصلاح:** ۱۴۰۲/۱۱/۰۵ ؛ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۲/۱۲/۰۷ ؛ **تاریخ انتشار آنلاین:** ۱۴۰۲/۱۲/۲۸

© نویسندگان.

نوع مقاله: پژوهشی

ناشر: دانشگاه قم

۱. مقدمه

فرآیند قهرمانی براساس حدس و گمان و اتفاق نیست. امروزه شاهد شکوفایی روزافزون تمام جنبه‌های تربیت بدنی و ورزش هستیم. برنامه‌ریزان، مربیان و ورزشکاران همواره به‌دنبال استفاده هرچه بهتر از دستاوردهای علمی به‌منظور بهبود عملکرد ورزشی بوده‌اند تا بتوانند در رشته‌های ورزشی موردنظر خود به بالاترین حد از عملکرد ورزشی برسند، به‌طوری که اعتبار و اثربخشی این پدیده جهانی بیش از گذشته در حال افزایش است. ورزشکاران رقابتی در جستجوی راهی هستند تا عملکرد ورزشی خود را بهبود بخشند. توان عضلانی (قدرت انفجاری) یکی از عوامل اصلی و کلیدی تعیین‌کننده برای موفقیت در بسیاری از مسابقات ورزشی است. ورزشکاران و متخصصان ورزشی اهمیت توان در مسابقات ورزشی را درک کرده‌اند. در این میان، اثرات حاد و مزمن فاکتور ذکرشده بر عملکرد ورزشکاران، در دهه‌های اخیر اساس بسیاری از پژوهش‌ها قرار گرفته است. با توجه به این نکته مهم، اخیراً برخی از محققان مطالعات خود را در این حوزه متمرکز نموده‌اند تا از طریق آن بتوانند عملکرد انفجاری را قبل از تمرین و مسابقه بهبود بخشند. برای مثال، تعدادی از این مطالعات اثر انقباض‌های ارادی بیشینه و زیر بیشینه بر افزایش توان، سرعت توسعه نیرو و عملکردهای انفجاری را تأیید نموده‌اند (۴،۳،۲،۱). با این وجود، پدیده‌ای که مسئول این اثرات حاد بر عملکرد است، در اکثر پژوهش‌ها به‌عنوان نیرومندسازی پس‌فعالی (PAP[1]) شناخته شده است (۷،۶،۵،۲). نیرومندسازی پس‌فعالی (PAP) همان افزایش حاد در سرعت توسعه نیرو و یا توانایی تولید نیرو به‌دنبال انقباضات ارادی پیشین (تمرینات مقاومتی با شدت‌های متفاوت) است و این پدیده به‌عنوان بخشی از گرم کردن پویا شناخته می‌شود که باعث افزایش عملکرد عصبی- عضلانی و متعاقب آن افزایش توان تولیدی عضله می‌گردد (۹،۸). لازم به ذکر است که میزان تأثیر این پدیده به عوامل متعددی ازجمله روش‌های به‌کارگیری نیرومندسازی پس‌فعالی و ویژگی‌های تمرینی بستگی دارد (۱۱،۱۰). محققان پدیده‌ای که مسئول این سازگاری حاد است را نیرومندسازی پس‌فعالی می‌نامند (۱۳،۱۲،۲). نیرومندسازی پس‌فعالی همان بهبود موقت در عملکرد و تولید نیروی عضلانی ناشی از انقباضات قبلی می‌باشد؛ بدین صورت که به‌دنبال حرکات قدرتی سنگین و متوسط، عملکرد در فعالیت‌های انفجاری پس از آن افزایش می‌یابد. بررسی پدیده نیرومندسازی پس‌فعالی به‌منظور بهبود عملکرد ورزشی بسیار حائز اهمیت بوده (۱۴،۱۱،۱۰،۳) و این بهبود در عملکرد به‌عنوان بخشی از گرم کردن قبل از مسابقه مورد توجه قرار گرفته است (۱۷،۱۶،۱۵،۱۱،۱۰). ورزشکارانی که در فعالیت‌های ورزشی انفجاری شرکت

1. Post activiation potentiation (PAP)

https://arsnes.qom.ac.ir

می‌کنند نیروی حداکثری تولید نمی‌کنند، زیرا حجمی که آن‌ها سعی می‌کنند حرکت دهند اغلب نسبتاً کوچک است (مثلاً حجم بدن)، ولی در هرحال آن‌ها باید بر این جرم غلبه کنند، بنابراین به حداکثر سرعت آزاد نمی‌رسند (۱۸). در نتیجه، نیرومندسازی پس‌فعالی می‌تواند از عملکرد ورزش‌های انفجاری با افزایش سرعت نیرو و توان مکانیکی بهره بگیرد (۱۹،۱۷). نیرومندسازی پس‌فعالی یک پدیده بسیار عالی با نیمه‌عمر کوتاه (~۲۸ ثانیه) است (۲۰) و از نظر تئوری، برای عملکرد ارادی ماهیچه مفید می‌باشد. این پدیده به‌دلیل مدت کوتاه آن، اهمیت عملی قابل‌توجهی دارد (۲۱). گپفرت و همکاران[1] (۲۰۲۰) در تحقیقی با عنوان «رابطه با تأثیر نیرومندسازی پس‌فعالی در تمرین مقاومتی بر عملکرد حرکتی پنج متری سه‌گام در بازیکنان بسکتبال» نشان داد که یک فعالیت تهویه‌ای به کمک مقاومت سبک (۵ درصد از توده بدن) باعث ایجاد یک پاسخ تقویتی در آنان می‌شود (۲۲). در تحقیقی دیگر، ون دن تیلار و فون هایمبورگ[2] (۲۰۱۷) دریافتند که دویدن با یک بار تمرینی (پنج کیلوگرم) در بازیکنان هندبال، باعث بهبود زمان دوی ۲۰ متری به‌طور قابل‌توجهی می‌گردد (۲۳). تیل و کوک (۲۰۰۹) در پژوهشی، تأثیر تمرینات مقاومتی متشکل از تمرینات پویا و ایزومتریک را بر عملکرد دوی سرعت بازیکنان فوتبال بررسی کردند. طبق یافته‌های آنان، هیچ بهبودی در زمان‌های سرعتی پس از تمرین مقاومتی مشاهده نشد. لذا نتایج، تأثیر نیرومندسازی پس‌فعالی قابل‌توجهی را نشان نمی‌دهد (۲۴). انقباضات ارادی می‌توانند تأثیر مهمی بر تعادل و پایداری در جابجایی داشته باشند. در تحقیقی نتایج نشان داد که تمرینات انقباضی ارادی می‌توانند بهبود قابل‌توجهی در تعادل و پایداری در جابجایی ایجاد کنند. این تمرینات می‌توانند عملکرد عضلات را بهبود بخشند و باعث افزایش پایداری در حرکات ورزشی شوند (۲۵). با این حال، برخی مطالعات نشان داده‌اند که اگر انقباضات ارادی به‌طور نادرست انجام شوند، ممکن است باعث کاهش تعادل و پایداری در حرکات ورزشی گردند (۲۶). بنابراین، انجام انقباضات ارادی به شکل درست و با توجه به راهنمایی‌های مربیان و متخصصان ورزشی، می‌تواند بهبود قابل‌توجهی در تعادل و پایداری در جابجایی داشته باشد. از پروتکل تمرینی PAP در جودو (۲۷)، کاراته (۲۸) و تکواندو (۲۹، ۳۰، ۳۱) به‌منظور بهبود عملکرد ورزشی استفاده می‌شود. از آنجایی که به‌خوبی روشن شده است که پدیده PAP با توجه به مکانیزم‌های شناخته‌شده‌ای همچون H-Reflex، شبکه سارکوپلاسمی، MLC و همچنین درگیری تارهای نوع دوم که بیشتر مرتبط با عملکردهای سرعتی است، وجود دارد؛ بنابراین، به نظر می‌رسد این

1. Gepfert
2. Van Den Tillaar & Von Heimburg

https://arsnes.qom.ac.ir

پدیده بتواند سرعت رسیدن به اوج تنش را در تارهای عضلانی بالا ببرد و به‌تبع آن بر روی عملکردهای سرعتی تأثیرگذار باشد. فرنچ و همکاران (۲۰۰۳) نیز در تحقیقی نشان دادند که PAP تنها در عملکردهایی مؤثر است که به‌عنوان فعالیت‌های عضلانی شدید (انفجاری) تعریف شده‌اند (۳). در پژوهشی دیگر که توسط گریك انگلس و همکاران[1] (۲۰۰۴) با هدف بررسی اثر انقباض‌های زیر بیشینه بر روی میزان فراخوانی واحدهای حرکتی و سرعت اوج تنش در عضله درشت‌نئی قدامی مردان فوتبالیست انجام شد، افزایش معناداری در سرعت اوج تنش در عضله درشت‌نئی آزمودنی‌ها متعاقب انقباض‌های زیر بیشینه از لحاظ آماری مشاهده نگردید (۳۲). در مقابل، در پژوهشی که توسط رحیمی (۲۰۰۷) با هدف بررسی اثر اسکات با بار سنگین در مقایسه با اسکات با بار سبك بر روی عملکرد سرعت مردان فوتبالیست انجام شد، نشان داده شد که افزایش معناداری در سرعت آزمودنی‌ها متعاقب اجرای اسکات با بار سنگین در مقایسه با سایر پروتکل‌ها مشاهده می‌شود (۳۳). در پژوهشی که توسط آوری دی فایگن بوم[2] و همکاران (۲۰۰۶) با هدف بررسی اثرات حاد چهار نوع پروتکل گرم کردن با و بدون جلیقه وزنه بر روی عملکردهای بی‌هوازی در زنان ورزشکار دبیرستانی انجام شد، نتایج نشان داد که افزایش معناداری در عملکرد سرعت ۱۰ یارد آزمودنی‌ها متعاقب اجرای تمامی پروتکل‌ها مشاهده نمی‌شود (۳۴). همچنین ساری و همکاران[3] (۲۰۲۲) در تحقیقی با عنوان اثر تقویت پس از فعال‌سازی بر عملکرد پرشی پس از ترکیب تحریک الکتریکی و اسکات پشت با استفاده از EMS برای بازیکنان آماتور فوتبال و بازیکنان راگبی، نشان دادند که ایجاد یک اثر PAP با انقباضات شدیدتر، باعث ایجاد تفاوت معنی‌داری در اجرای دوی ۱۰ و ۳۰ متر شرکت‌کنندگان نمی‌گردد (۳۵). بر پایه همین فرضیه، جهت رسیدن به استفاده بهینه از این پدیده باید چگونگی اجرای انقباضات ارادی مورد پژوهش قرار گیرد. لذا، این پژوهش بر آن است که اثر ویژگی‌های انقباضی با وارد کردن فاکتور خصوصیت حرکت و شدت‌های متفاوت را بر توان بی‌هوازی، مورد بررسی قرار دهد.

۲. روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی بوده و به لحاظ روش (با توجه به اهداف و به‌کارگیری نمونه انسانی و عدم کنترل تمام متغیرهای مزاحم)، به روش نیمه‌تجربی با طرح متقاطع (با یک گروه در پنج مرحله) انجام گردید. در این پژوهش، ۱۲ نفر از بازیکنان مرد جوان والیبال قم (سن:

1. Greiginglis
2. Faigenbaum
3. Sari

https://arsnes.qom.ac.ir

۰/۵۱±۲۰/۱ سال، وزن: ۶/۱۵±۶۵/۷ کیلوگرم و قد: ۳/۸۶±۱۸۶/۵ سانتی‌متر) که حداقل به مدت دو سال فعالیت جسمانی داشته و نیز حداقل سه تا چهار جلسه در هفته به تمرین می‌پرداختند، به‌طور داوطلبانه شرکت کردند. پس از هماهنگی و ارائه اطلاعات لازم به علاقه‌مندان شرکت‌کننده در پژوهش و تعیین محل آزمون‌گیری در سالن ورزشی و کار با وزنه، آزمون رأس ساعت ۹ صبح انجام گرفت. همه آزمودنی‌ها رضایتنامه کتبی به‌منظور شرکت در پژوهش را امضاء کردند. معیارهای ورود به پژوهش عبارت بودند از: سلامت کامل جسمانی، نداشتن بیماری زمینه‌ای، نداشتن سابقه بیماری خاص و تمایل آن‌ها به همکاری در پژوهش. معیارهای خروج از پژوهش نیز آسیب‌دیدگی حین انجام ورزش، عدم تمایل به ادامه همکاری در پژوهش و یا ناتوانی در انجام ورزش در نظر گرفته شد. از آزمودنی‌ها خواسته شد که طی دوره تحقیق، از مصرف هرگونه دارو و مکمل خودداری نمایند. همچنین به صورت مستمر از آزمودنی‌ها خواسته می‌شد رژیم غذایی معمولی خود را حفظ کنند و در دوره پژوهش از انجام فعالیت شدید، به‌جز برنامه تمرینات تیمی خودشان، پرهیز نمایند.

۳. یافته‌ها

پروتکل تمرینی، طبق جدول (۱) برنامه‌ریزی و اجرا گردید. در این پژوهش، از پروتکل هافمن (۲۰۰۷) برای تعیین 1RM (۳۶) و همچنین تعیین بار نیم‌اسکات ایستای بیشینه استفاده شد. لازم به ذکر است به‌دلیل اینکه آزمودنی‌ها کمتر تمرینات مقاومتی انجام داده بودند و تاکنون اسکات در برنامه تمرینی خود نداشتند، بنابراین برای جلوگیری از آسیب احتمالی، از روش برآوردی برای تعیین 1RM پویای آن‌ها استفاده گردید که از طریق معادله برزیکی[1] (۱۹۹۸) برآورد می‌شود (۳۷):

([(۰/۰۲۷۸ × تعداد تکرار تا خستگی)- ۱/۰۲۷۸] / وزنه جابجا شده)

بعد از اینکه حدود تقریبی یک تکرار بیشینه هریک از آزمودنی‌ها بدست آمد، از روش آزمون و خطا مقدار دقیق یک تکرار بیشینه آن‌ها اندازه‌گیری و ثبت گردید که این مورد نیز براساس پروتکل هافمن (۲۰۰۷) به‌کار گرفته شد. اما در نیم‌اسکات ایستا این امکان وجود نداشت که از روش آزمون و خطا برای تعیین 1RM آن‌ها استفاده گردد. با توجه به اینکه می‌بایست زاویه زانوی آزمودنی‌ها در نیم‌اسکات ایستا ۹۰ درجه باشد (۳۸)، نیاز بود تا همکاران زمانی که زاویه زانوی آزمودنی در وضعیت ۹۰ درجه قرار گرفته، وزنه را به‌طور مناسب قرار دهند. در صورتی که آزمودنی توانایی نگه‌داشتن بار معینی را برای چهار ثانیه بدون برهم خوردن شکل حرکت نیم‌اسکات داشت، پس از

1. Brzycki

https://arsnes.qom.ac.ir

گذشت زمان استراحت، بار وزنه براساس پروتکل هافمن (۲۰۰۷) افزایش می‌یافت (۳۶). پس از تعیین قدرت بیشینه ایستای آزمودنی‌ها، از آن برای تعیین بار پروتکل استفاده گردید.

جدول ۸- پروتکل اجرایی پژوهش

یک هفته قبل از اجرای پروتکل	۱. تکمیل پرسشنامه‌ای درباره اطلاعات فردی (حاوی سؤالاتی در مورد آسیب‌های قبلی، پیشینه تمرینی، رشته ورزشی، سابقه بیماری و انجام تمرینات مقاومتی بین آزمودنی‌ها). ۲. برگزاری یک جلسه جهت آشنایی با روش کار و پروتکل‌های پژوهش. ۳. برگه رضایتنامه توسط آزمودنی‌ها مطالعه و امضاء گردید.
۷۲ ساعت قبل از اجرای پروتکل	تعیین 1RM با انجام آزمون قدرت براساس پروتکل هافمن (۲۰۰۷)
مرحله اول	گرم کردن (پنج دقیقه گرم کردن روی چرخ کارسنج، سپس به مدت دو دقیقه حرکات کششی در عضلات اندام تحتانی و کمر (هر حرکت چهار تا شش ثانیه) و در پایان حرکت، پنج حرکت نشست و برخاست).
۷ دقیقه و ۳۰ ثانیه بعد از مرحله اول	آزمون وینگیت[1] توسط چرخ کارسنج مونارک (۳۰ ثانیه)
مرحله دوم (۴۸ ساعت بعد از مرحله اول)	۱. گرم کردن (پنج دقیقه گرم کردن روی چرخ کارسنج، سپس به مدت دو دقیقه حرکات کششی در عضلات اندام تحتانی و کمر (هر حرکت چهار تا شش ثانیه) و در پایان حرکت، پنج حرکت نشست و برخاست). ۲. اجرای نیم‌اسکات ایستا به صورت سه سِت چهار ثانیه‌ای با شدت ۸۵ درصد بیشینه ایستا با دو تا سه دقیقه استراحت بین ست‌ها.
۷ دقیقه و ۳۰ ثانیه بعد از مرحله دوم	آزمون وینگیت توسط چرخ کارسنج مونارک (۳۰ ثانیه)
مرحله سوم (۴۸ ساعت بعد از مرحله دوم)	۱. گرم کردن (پنج دقیقه گرم کردن روی چرخ کارسنج، سپس به مدت دو دقیقه حرکات کششی در عضلات اندام تحتانی و کمر (هر حرکت چهار تا شش ثانیه) و در پایان حرکت، پنج حرکت نشست و برخاست). ۲. اجرای نیم‌اسکات ایستا به صورت سه سِت چهار ثانیه‌ای با شدت ۵۰ درصد بیشینه ایستا با دو تا سه دقیقه استراحت بین ست‌ها.
۷ دقیقه و ۳۰ ثانیه بعد از مرحله سوم	آزمون وینگیت توسط چرخ کارسنج مونارک (۳۰ ثانیه)
مرحله چهارم (۴۸ ساعت بعد از مرحله سوم)	۱. گرم کردن (پنج دقیقه گرم کردن روی چرخ کارسنج، سپس به مدت دو دقیقه حرکات کششی در عضلات اندام تحتانی و کمر (هر حرکت چهار تا شش ثانیه) و در پایان حرکت، پنج حرکت نشست و برخاست). ۲. اجرای پرش عمودی توسط ۶٪ جلیقه وزنه به صورت چهار سِت چهار تکراره با ۶٪ یک تکرار بیشینه پویا با دو تا سه دقیقه استراحت بین ست‌ها.
۷دقیقه و ۳۰ثانیه بعد از مرحله چهارم	آزمون وینگیت توسط چرخ کارسنج مونارک (۳۰ ثانیه)
مرحله پنجم (۴۸ ساعت بعد از مرحله چهارم)	۱. گرم کردن (پنج دقیقه گرم کردن روی چرخ کارسنج، سپس به مدت دو دقیقه حرکات کششی در عضلات اندام تحتانی و کمر (هر حرکت چهار تا شش ثانیه) و در پایان حرکت، پنج حرکت نشست و برخاست). ۲. اجرای پرش عمودی توسط ۶٪ جلیقه وزنه به صورت چهار سِت چهار تکراره با ۶٪ یک تکرار بیشینه پویا با دو تا سه دقیقه استراحت بین ست‌ها.
۷دقیقه و ۳۰ ثانیه بعد از مرحله پنجم	آزمون وینگیت توسط چرخ کارسنج مونارک (۳۰ ثانیه)

1. Wingate test

https://arsnes.qom.ac.ir

در کلیه تمرینات، مدت زمان اجرای هر سِت کمتر از ۱۰ ثانیه، استراحت بین هر ست به‌طور یکسان برای تمامی پروتکل‌ها به مدت دو تا سه دقیقه و همچنین در تمامی پروتکل‌ها استراحت هفت دقیقه‌ای بعد از اجرای پروتکل داده می‌شد؛ یعنی هر پروتکل مجموعاً حدود ۲۵ دقیقه طول می‌کشید. بنابراین هفت دقیقه و ۳۰ ثانیه پس از اجرای پروتکل، آزمون وینگیت توسط چرخ کارسنج مونارک به‌عمل می‌آمد. لازم به ذکر است که آزمودنی‌ها در هر روز، پروتکل گرم کردن یکسانی را انجام می‌دادند. ابتدا بر روی چرخ کارسنج به مدت پنج دقیقه به گرم کردن می‌پرداختند، سپس دو دقیقه به انجام حرکات کششی (گروه‌های عضلانی چهارسر، همسترینگ، جلو و پشت ساق پا و ناحیه کمر) پرداخته (هر حرکت چهار تا شش ثانیه) و در پایان حرکت، پنج حرکت نشست و برخاست را اجرا می‌نمودند (۳۹).

از روش آماری- تحلیلی که با آزمون‌هایی همچون کولموگروف- اسمیرنوف، آزمون آنوا با اندازه‌گیری‌های تکراری و آزمون تعقیبی بن‌فرونی انجام می‌شود، استفاده شد. سطح معنی‌داری آزمون‌های آماری $p<۰/۰۵$ در نظر گرفته شد و برای محاسبات از نرم‌افزار spss۱۸ استفاده گردید.

جدول ۹- آزمون نرمال بودن کولموگروف- اسمیرنوف

متغیر	Z کولموگروف- اسمیرنوف	Sig
توان بی‌هوازی	۱/۰۷۴	۰/۲۴۹

نتایج جدول (۲) نشان می‌دهد که در زمینه بررسی توزیع طبیعی داده‌ها در متغیر، توزیع داده‌ها نرمال است.

جدول ۱۰- نتایج آزمون تحلیل واریانس و تفاوت بین گروه‌ها

منبع	Df	MS	F	Sig
بین‌گروهی	۴	۰/۰۱	۳۸/۵۶	۰/۰۰۴
درون‌گروهی	۵۵	۰/۰۰۷	۳/۵۱	۰/۰۲۸

نتایج مندرج در جدول (۳)، حاکی از آن است که در آزمون توان بی‌هوازی، بین تأثیرات شدت بالا و پایین انقباضات ارادی ایستا (۸۵ و ۵۰ درصد 1RM) و پویا (شش درصد و سه درصد 1RM جلیقه وزنه) با گرم کردن عمومی توان بی‌هوازی، تفاوت معنی‌داری وجود دارد. برای مشخص شدن تفاوت بین پروتکل‌ها، از آزمون تعقیبی بن‌فرونی استفاده شد. نتایج این آزمون‌ها در جدول (۴) آمده است.

https://arsnes.qom.ac.ir

جدول ۱۱- آزمون تعقیبی بن‌فرونی برای مقایسه پنج پروتکل گرم کردن در توان بی‌هوازی

		پروتکل گرم کردن		۸۵٪ ایستایی		۵۰٪ ایستایی		٦٪ جلیقه	
		SD	Sig	SD	Sig	SD	Sig	SD	Sig
۸۵٪ ایستایی	اوج توان (وات بر کیلوگرم)	۱۱/۲۶±۱/۶۸	۱/۰۰						
	میانگین توان (وات بر کیلوگرم)	۷/۷۶±۰/۸۶	۰/۸۷۲						
	حداقل توان (وات بر کیلوگرم)	۵/۶۴±۰/۶۵	۰/۶۵۸						
	شاخص خستگی (وات بر ثانیه)	۶/۵۸±۱/۶۶	۰/۳۲۱						
۵۰٪ ایستایی	اوج توان (وات بر کیلوگرم)	۱۲/۸۷±۱/۳۲	۰/۳۵۶	۱۳/۹۷±۱/۳۷	۰/۴۵۸				
	میانگین توان (وات بر کیلوگرم)	۸/۳۵±۰/۵۸	۱/۰۰	۸/۴۶±۰/۶۸	۱/۰۰				
	حداقل توان (وات بر کیلوگرم)	۴/۴۶±۱/۲۵	۰/۴۵۸	۴/۷۶±۱/۳۱	۰/۰۸۸				
	شاخص خستگی (وات بر ثانیه)	۷/۵۵±۱/۴۵	۰/۰۴۷	۶/۶۵±۱/۲۵	۰/۲۱۲				
٦٪ جلیقه	اوج توان (وات بر کیلوگرم)	۱۲/۶۷±۱/۰۲	۱/۰۰	۱۲/۸۷±۱/۳۲	۱/۰۰	۱۲/۸۷±۱/۳۲	۱/۰۰		
	میانگین توان (وات بر کیلوگرم)	۸/۲۵±۰/۵۴	۰/۳۶۸	۸/۳۵±۰/۵۸	۱/۰۰	۸/۳۵±۰/۵۸	۰/۲۳۵		
	حداقل توان (وات بر کیلوگرم)	۴/۰۶±۱/۳۵	۰/۲۸۴	۴/۴۶±۱/۲۵	۰/۲۵۴	۴/۴۶±۱/۲۵	۰/۳۶۵		
	شاخص خستگی (وات بر ثانیه)	۷/۵۵±۱/۴۵	۰/۰۴۷	۶/۶۵±۱/۲۵	۰/۲۱۲	۷/۰۵±۱/۴۰	۰/۰۸۷		
۳٪ جلیقه	اوج توان (وات بر کیلوگرم)	۱۲/۹۷±۱/۴۲	۰/۰۰۴*	۱۲/۸۷±۱/۳۲	۰/۱۸	۱۲/۰۷±۱/۳۲	۰/۲۸	۱۲/۱۶±۱/۲۲	۰/۳۶
	میانگین توان (وات بر کیلوگرم)	۹/۳۵±۰/۵۲	۰/۰۰۲*	۸/۳۵±۰/۵۸	۰/۱۱۴	۸/۳۵±۰/۵۸	۰/۲۴۷	۷/۳۵±۱/۳۸	۰/۱۴۵
	حداقل توان (وات بر کیلوگرم)	۶/۳۶±۱/۳۵	۰/۰۰۸*	۴/۴۶±۱/۲۵	۰/۲۵۴	۴/۴۶±۱/۲۵	۰/۹۵۸	۴/۱۶±۱/۵۵	۰/۰۶۹
	شاخص خستگی (وات بر ثانیه)	۴/۵۵±۱/۰۵	۰/۰۰۷*	۶/۶۵±۱/۲۵	۰/۱۱۲	۶/۴۶±۱/۷۱	۰/۷۸۹	۶/۵۵±۱/۲۵	۰/۴۱۲

* تفاوت معنی‌دار بین‌گروهی

https://arsnes.qom.ac.ir

با توجه به سطح معناداری این آزمون در پروتکل سه درصد جلیقه وزنه در مقایسه با گرم کردن عمومی، تفاوت معنی‌داری در اوج توان، میانگین توان و حداقل توان شاخص خستگی دیده می‌شود. همچنین اثر انقباضات پویا به همراه جلیقه وزنه با شدت سه درصد بیشتر است.

۴. نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش نشان داد که توان بی‌هوازی پس از اجرای پروتکل سه درصد جلیقه وزنه نسبت به پروتکل گرم کردن به تنهایی، حدود ۷/۸ درصد از لحاظ آماری افزایش معناداری دارد، اما توان بی‌هوازی پس از اجرای پروتکل‌های شش درصد جلیقه وزنه و نیم‌اسکات ایستا با شدت‌های ۸۵ و ۵۰ درصد نسبت به پروتکل گرم کردن به تنهایی (با وجود اختلافات ظاهری) از لحاظ آماری معنادار نبود؛ حتی در مقایسه دوبه‌دو پروتکل‌های آزمایشی با هم، اختلاف معناداری گزارش نشد. یافته‌های این پژوهش با یافته‌های پژوهش رحیمی (۲۰۰۷) و گریك انگلس (۲۰۰۸) مبنی‌بر اینکه پس از اجرای نیم‌اسکات ایستای بیشینه، در عملکرد سرعت آزمودنی‌ها افزایش معناداری مشاهده می‌شود، هم‌راستا بود (۲۰،۲۱،۲۲). همچنین نتایج این پژوهش با یافته‌های پژوهش‌های آوری دی فایگن بوم و همکاران (۲۰۰۶) و ساری و همکاران (۲۰۲۲) تناقض داشت (۳۵،۴۰). البته لازم به ذکر است که روش‌های باردهی، تعداد ست‌ها، نوع آزمون‌گیری و جنسیت آزمودنی‌ها در این پژوهش‌ها کاملاً با هم متفاوت بودند. پژوهش‌های متعددی در ارتباط با سرعت عملکرد اندام تحتانی انجام شده است که از لحاظ روش‌های باردهی، آماده‌سازی عضلانی و نوع آزمون‌های سرعت تفاوت‌هایی دیده می‌شود و این ممکن است به منابع اختلاف در یافته‌های پژوهش‌ها مرتبط باشد (۳۳). به هرحال، در پژوهش حاضر به‌دلیل به‌کارگیری روش تمرینی ویژه و باردهی(استفاده از وزنه) به منظور آماده‌سازی عضلانی و همچنین استراحت مناسب، می‌تواند یکی از علت‌های افزایش سرعت باشد. به نظر می‌رسد مکانیزم احتمالی که باعث معنادار شدن نتایج این یافته‌ها می‌شود، تقویت پس‌فعال‌سازی (PAP) به‌عنوان یک پاسخ در عملکرد پس از یک محرک تمرینی از قبل تعیین شده، تعریف می‌شود (۴۱).

PAP را می‌توان با انقباضات برانگیخته، انقباض مداوم برانگیخته یا حداکثر انقباض ارادی (MVC[1]) القاء نمود، که خستگی در ورزش‌های استقامتی را جبران می‌کند (برای جبران خستگی فرکانس پایین عمل می‌کند، سرعت توسعه نیرو (RFD[2]) را افزایش می‌دهد و بنابراین سرعت و

1. Maximal voluntary contraction
2. Rate of force development

https://arsnes.qom.ac.ir

عملکرد قدرت را بهبود می‌بخشد (۱۹). می‌توان گفت که انقباضات ارادی و شدت تمرینات ورزشی، هر دو نقش مهمی در سرعت جابجایی دارند. در یک مطالعه، نتایج نشان داد که انقباضات ارادی و شدت تمرینات ورزشی هر دو می‌توانند بهبود توان بی‌هوازی را در ورزشکاران افزایش دهند (۲۵). با این‌حال، مطالعات دیگر نشان داده‌اند که انقباضات ارادی می‌توانند سرعت جابجایی را بهبود بخشند، اما شدت تمرینات ورزشی بیشتری نیاز دارند تا بهبود قابل‌توجهی در توان بی‌هوازی داشته باشند (۲۶). بنابراین هر دو عامل انقباضات ارادی و شدت تمرینات ورزشی می‌توانند بهبود توان بی‌هوازی را در ورزشکاران افزایش دهند، اما شدت تمرینات ورزشی ممکن است تأثیر بیشتری داشته باشد. تحقیقات قبلی نشان می‌دهد که تغییرات حاد عصبی- عضلانی، مکانیکی، بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی ممکن است بهبودهای موقتی در عملکرد عضلانی را توجیه کنند (۲۴). اگرچه مکانیسم‌های فیزیولوژیکی مربوط به PAP به‌خوبی شناخته نشده است، اما اکثر تئوری‌های معتبر گزارش می‌دهند که چنین بهبودهای عملکردی ممکن است به فسفوریلاسیون زنجیره‌های سبک تنظیم‌کننده میوزین در طول انقباض عضلانی که منجربه نرخ بیشتر اتصال به پل عرضی می‌شود، مرتبط باشند (۴۲). در واقع فسفوریلاسیون زنجیره‌های سبک تنظیم‌کننده میوزین، تعامل اکتین- میوزین را نسبت به $Ca2+$ آزاد شده از شبکه سارکوپلاسمی حساس‌تر می‌کند. افزایش حساسیت، بیشترین تأثیر خود را در سطوح پایین میوپلاسمی $Ca2+$ (انقباضات مداوم با فرکانس پایین، RFD) دارد و در سطوح اشباع $Ca2+$ (انقباضات مداوم با فرکانس بالا و MVCها) کم‌تأثیر یا بدون تأثیر است. براساس دامنه فرکانس، انواع مختلف انقباض و انواع فیبر (۱۱) به یک انقباض شرطی واکنش متفاوتی نشان می‌دهند. به‌عنوان مثال، فرکانس‌های بالاتری برای برانگیختن درصد معینی از حداکثر نیرو در انقباضات متحدالمرکز در مقایسه با انقباضات ایزومتریک مورد نیاز است (۴۳). علاوه‌بر این، فسفوریلاسیون بیشتر زنجیره‌های سبک تنظیم‌کننده میوزین در پاسخ به یک فعالیت تهویه‌ای، در فیبرهای عضلانی سریع‌تر (نوع II) مشاهده می‌شود. بنابراین برخی از ماهیچه‌ها و افرادی که درصد بیشتری از فیبرهای عضلانی سریع دارند، ممکن است پاسخ PAP بیشتری را نشان دهند. علاوه‌بر نوع فیبر، زمان استراحت، شدت، حجم، وضعیت تمرین، نوع تمرین و نوع انقباض عضلانی نیز بر میزان تقویت تأثیر می‌گذارد، زیرا همه این عوامل می‌توانند بر میزان خستگی تأثیرگذار باشند (۱۹). دو عامل اصلی به‌عنوان مسئول تغییرات در ویژگی‌های انقباض توصیف شده‌اند: رتیکولوم سارکوپلاسمی آزاد/ جذب $Ca2+$ و غلظت آن در ناحیه بین فیبریلار و سرعت اتصال پل عرضی (۴۴،۴۵،۴۶) که از نظر تئوری، برای عملکرد ارادی ماهیچه مفید می‌باشند. اگرچه PAP به‌دلیل مدت کوتاه آن اهمیت عملی قابل‌توجهی دارد، اما اثر سازگاری آن مورد سؤال است (۲۱). از منظر

https://arsnes.qom.ac.ir

دیگر، اضافه بار در اسکات جلو باهالتر، سرعت و قدرت ایزوتونیک را افزایش می‌دهد (۴۷).

به‌طور کلی، با توجه به نتایج این پژوهش، اعمال بار سه درصد جلیقه وزنه باعث افزایش معناداری در عملکرد توان بی‌هوازی شده است که نشان از اثربخشی بیشتر این پروتکل‌ها در عملکردهای توانی و سرعتی دارد. یکی از فاکتورهای بسیار تأثیرگذار در میزان اثر PAP، به‌کارگیری ویژگی و الگوی حرکتی در رشته ورزشی می‌باشد و پیشنهاد می‌شود که توسط مربیان و ورزشکاران در برنامه تمرینی توانی برای بالا بردن آمادگی جسمانی به‌خصوص توان بی‌هوازی استفاده گردد. نتایج این مطالعه می‌تواند بینش ارزشمندی در مورد طراحی برنامه‌های آموزشی و تمرینی تیم‌های ورزشی به‌خصوص والیبال که نیاز به توان بی‌هوازی بالایی دارد، ارائه دهد.

۵. تشکر و قدردانی

از همکاری همه شرکت‌کنندگان در پژوهش حاضر، تشکر و قدردانی می‌شود.

https://arsnes.qom.ac.ir

References

1. Andy V, Khamoui MS, Edward Jo, Lee E & Brown ED. Post activation Potentiation and Athletic Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 2009; 13(2): 522-527.
2. Chiu ZL, Fry AC, Weiss LW, Schilling BK, Brown LE & Smith SL. Post activation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2003; 17(4): 671-677.
3. French DN, Kraemer WJ & Cooke CB. Changes in dynamic exercise performance following a sequence of preconditioning isometric muscle actions. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 2003; 17(4): 678-685.
4. Gourgoulis V, Aggeloussis N, Kasimatis P, Mavromatis G & Garas A. Effect of a submaximal half-squats warm-up program on vertical jumping ability. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 2003; 17(2): 342-344.
5. Hanson ED, Leich S & Mynark RG. Acute effects of heavy- and light-load squat exercise on the kinetic measures of vertical jumping. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 2007; 21(4): 1012-1017.
6. Robbins D & Docherty D. Effect of loading on enhancement of power performance over three consecutive trials. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2005; 19(4): 898-902.
7. Horwath R. & kravitz L. Post Activation Potentiation: A Brief Review. *Fitness educator of the year*. 2008; 28(4): 415-411.
8. Kovačević E, Klino A & Bradić A. Effect of maximum isometric contraction on explosive power of lower limbs (jump performance). *Sport Scientific & Practical Aspects*, 2011; 7(1): 69-75.
9. Hage RE, zakhem E, moussa E & Jacob C. Acute effects of heavy-load squats on consecutive vertical jump performance, *Science & Sports*. 2010; 26(1): 44-47.
10. David M & Bazett J. Neither Stretching nor Post Activation Potentiation Affect Maximal Force and Rate of Force Production during Seven One-Minute Trials. *Journal of Undergraduate Research*. 2004; VII.
11. Hamada T, Sale DG, MacDougall JD & Tarnopolsky MA. Interaction of fibre type, potentiation and fatigue in human knee extensor muscles. *Act a Physiologic a Scandinavica*. 2003; 178(2): 165-173.
12. Hodgson M, Docherty D & Robbins D. Post-activation potentiation: underlying physiology and implications for motor performance. *Sports Medicine.* 2005; 35: 585-595.
13. Robbins DW. Postactivation potentiation and its practical applicability: a brief review. *J strength Cond Res*. 2005; 19(2): 453 -458.
14. Chad AW, Shala ED & Gavin LM. The acute effects of back squats on vertical jump performance in men and women. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2010; 9: 206-213.
15. Baudry S & Duchateau J. Post activation potentiation in a human muscle: effect on the load-velocity relation of tetanic and voluntary shortening contractions. *J ApplPhysio*. 2007; l103(4): 1318-1325.

https://arsnes.qom.ac.ir

16. Baudry S, Klass M & Duchateau J. Post activation potentiation influences differently the nonlinear summation of contractions in young and elderly adults. *J. Appl. Physiol.* 2005; 98(4): 1243-1250.
17. Gossen ER & Sale DG. Effect of Postactivation potentiation on dynamic Knee extension performance. *Eur J Appl Physiol*. 2000; 83(6): 524-30.
18. Newton RU & Kraemer WJ. Developing explosive muscular power: implications for a mixed methods training strategy. *Natl Strength Cond Assoc J*. 1994; 16(5): 20-9.
19. Sale DG. Postactivation potentiation: rol in human performance. *Exerc Sport Sci Rev*. 2002; 30(3): 138-43.
20. Blazevich AJ & Babault N. Post-activation Potentiation Versus Post-Activation Performance Enhancement in Humans: Historical Perspective, Underlying Mechanisms, and Current Issues. *Frontiers in physiology*. 2019; 10: 1359.
21. Boullosa D. Post-activation performance enhancement strategies in sport: A brief review for practitioners. *Human Movement*. 2021; 22(3): 101-109.
22. Gepfert M, Golas A, Zajac T & Krzysztofik M. The use of different modes of post-activation potentiation (PAP) for enhancing speed of the slide step in basketball players. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020; 17: 5057.
23. Van Den Tillaar R & Von Heimburg E. Comparison of different sprint training sessions with assisted and resisted running: Effects on performance and kinematics in 20-m sprints. *Hum. Mov*. 2017; 18: 21-29.
24. Till KA & Cooke C. The effects of postactivation potentiation on sprint and jump performance of male academy soccer players. *J. Strength Cond. Res*. 2009; 23: 1960-1967.
25. Gao S, Liu H, Zhang H, Zhang X & Chen J. Improve the Detection Range of Semi-Active Laser Guidance System by Temperature Compensation of Four-Quadrant PIN Detector. *Sensors (Basel, Switzerland).* 2019; 19(10): 2284.
26. Schoenfeld BJ, Contreras B, Krieger J, Grgic J, Delcastillo K, Belliard R & Alto A. Resistance Training Volume Enhances Muscle Hypertrophy but Not Strength in Trained Men. *Medicine and science in sports and exercise*. 2019; 51(1): 94-103.
27. Lum, D. Effects of various warm-up protocol on special judo fitness test performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2019; 33(2): 459-465.
28. Margaritopoulos S, Theodorou A, Methenitis S, Zaras N, Donti O & Tsolakis C. The effect of plyometric exercises on repeated strength and power performance in elite karate athletes. *Journal of Physical Education and Sport*. 2015; 15(2): 310.
29. Alp M, Çatıkkaş F & Kurt C. Acute effects of static and dynamic stretching exercises on lower extremity isokinetic strength in taekwondo athletes. *Isokinetics and Exercise Science*. 2018; 26(4): 307-311.
30. Castro Garrido N, Valderas-Maldonado C, Herrera Valenzuela T, Ferreira Da Silva J, Guzmán-Muñoz E, Vásquez-Gómez JA & et al. Effects of post-activation potentiation exercises on kicking frequency, fatigue rate and jump performance in taekwondo athletes: *A case study*; *Federación Española de Asociaciones de Docentes de Educación Física* . 2020; 38: 679-683.
31. Da Silva Santos JF, Herrera-Valenzuela T, Ribeiro da Mota G & Franchini E. Influence of half-

https://arsnes.qom.ac.ir

squat intensity and volume on the subsequent countermovement jump and frequency speed of kick test performance in taekwondo athletes. *Kinesiology*. 2016; 48(1): 95-102.

32. Baudry, Stéphane, and Jacques Duchateau. "Postactivation potentiation in a human muscle: effect on the rate of torque development of tetanic and voluntary isometric contractions." *Journal of Applied Physiology*. (2007); 102.4: 1394-1401.
33. Rahimi R. The Acute Effects of Heavy versus Light- Load Squats on Sprint Performance. *Physical Education and Sport*. 2007; 5(2): 163-169.
34. Avery D, Faigenbaum J.E, McFarland JA, Schwerdtman NA, Ratamess J & Hoffman, JR. Dynamic Warm-Up Protocols, With and Without a Weighted Vest, and Fitness Performance in High School Female Athletes. *Journal of Athletic Training*. 2006; 41(4): 357-363.
35. Sari C, Koz M, Salcman V, Gabrys T & Karayigit R. Effect of post-activation potentiation on sprint performance after combined electromyostimulation and back squats. *Applied Sciences.* 2022; 12(3): 1481.
36. Hoffman JR, Ratamess NA, Faigenbaum AD, Mangine GT & Kang J. Effects of maximal squat exercise testing on vertical jump performance in American college football players. *Journal of sports science & medicine*. 2007; 6(1): 149.
37. Brzycki M. *A practical approach to strength training*. McGraw-Hill; 1989.
38. Konstantinos S, Ilias S, Marios C, Karolina B, Angelos S, Helen D & Savvas P.T. Effects of warm-up on vertical jump performance and muscle electrical activity using half-squats at low and moderate intensity. *Journal of Sports Science and Medicine.* 2010; 9: 326-331.
39. Ferreira SLA, Panissa VLG, Miarka B & Franchini E. effect of various recovery interval on bench press power performance. *J strength condres*. 2012; 26(3): 739-744.
DOI: 10.1519/JSC.0b013e318225f371
40. Faigenbaum AD, McFarland JE, Schwerdtman JA, Ratamess NA, Kang J & Hoffman J.R. Dynamic warm-up protocols, with and without a weighted vest, and fitness performance in high school female athletes. *Journal of athletic training.* 2006; 41(4): 357.
41. Dello Iacono A, Martone D & Padulo J. Acute effects of drop-jump protocols on explosive performances of elite handball players. *Journal of strength and conditioning research.* 2016; 30(11): 3122-3133.
42. Hodgson M, Docherty D & Robbins D. Post-activation potentiation: underlying physiology and implications for motor performance. *Sports Medicine*. 2005; 35: 585-595.
43. Abbate F, Sargeant AJ, Verdijk PWL & De Haan A. Effects of high-frequency initial pulses and posttetanic potentiation on power output of skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*. 2000; 88(1): 35-40.
44. Booth J, McKenna MJ, Ruell PA, Gwinn TH, Davis GM, Thompson MW, Harmer AR, Hunter SK & Sutton JR. Impaired calcium pump function does not slow relaxation in human skeletal muscle after prolonged exercise. *Journal of Applied Physiology*. 1997; 83(2): 511-521.
45. Ereline J, Gapeyeva H & Pääsuke M. Comparison of twitch contractile properties of plantarflexor muscles in nordic combined athletes, cross-country skiers, and sedentary men. *European Journal of Sport Science*. 2011; 11(1): 61-67.

https://arsnes.qom.ac.ir

46. Spudić D, Dakskobler J & Štirn I. Diffences in Post-Activation potentiation and post-Activation performance enhancement between flywheel and barblluat squat. *Kinesiologia Slovenica*. 2023; 29(1): 5-29.
47. Munger CN, Archer DC, Leyva WD, Wong MA, Coburn JW, Costa PB & Brown LE. Acute Effects of Eccentric Overload on Concentric Front Squat Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2017; 31(5): 1192-1197.

https://arsnes.qom.ac.ir