Research in Sport Medicine and Technology, Volume 13 - Issue 26 / 2023

Kharazmi University

Research in Sport Medicine and Technology

Print ISSN: 2252 - 0708 Online ISSN: 2588 - 3925

Homepage: https://jsmt.khu.ac.ir

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.4.0]

[DOI: 10.61186/jsmt.21.26.41]

The Acute Effect Of Warm-Up (General And Post-Activation Potentiation) On Vertical Jump And Jump-Landing Technique Of Handball Players With Trunk Dysfunction

Ghahremani Z *[1] | , Daneshmandi H [2] |, Anbarian M [3]

1. MSc in sport injury and corrective exercises, Faculty of sports sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
2. Professor, Department of sport injury and corrective exercises, Faculty of sports sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
3. Professor, Department of sports biomechanics, Faculty of sports sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

corresponding author: Ghahremani Z; z.ghahremani20@gmail.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 05 August 2021
Revised: 13 September 2023
Accepted: 13 September 2023

Keywords:
Post-Activation Potentiation, Trunk Dysfunction, Landing, Handball.

How to Cite:
Ghahremani Z, Daneshmandi H, Anbarian M. The Acute Effect Of Warm-Up (General And Post-Activation Potentiation) On Vertical Jump And Jump-Landing Technique Of Handball Players With Trunk Dysfunction. ***Research In Sport Medicine and Technology*, 2023: 13(26): 41-55.**

The purpose of this study was to assess the acute effect of warm-up protocols (general and post-activation potentiation) on vertical jump performance and jump-landing technique in female handball players with trunk dysfunction. Twelve trained female handball players with trunk dysfunction participated voluntarily in this study. Subjects randomly performed three different warm-up protocols on separate days: 1- general warm-up protocol, 2- general warm-up with 2 repetitions of dynamic half-squat at %90 of one repetition maximum, 3- general warm-up with 2 repetitions of static half-squat at %90 of one repetition maximum. In the fifth minutes of recovery period after 3 protocols, subjects performed vertical jump and the Landing Error Scoring System tests, and Landing Error Scoring System scores, valgus and flexion angles, and vertical jump height was assessed. ANOVA with repeated measures was used for statistical data analysis. The jump height increased significantly after performing the second and third protocols related to general warm-up (p=0.039, p=0.047 respectively), but there weren't a significant difference in Landing Error Scoring System score, valgus and flexion angles for three protocols. It seems that the special warm-up method by post-activation potentiation can improve vertical jump performance without influencing Anterior cruciate ligament injury risk.

Published by Kharazmi University, Tehran, Iran. Copyright(c) The author(s) This is an open access article under e:
CC BY-NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

پژوهش در طب ورزشی و فناوری
شاپا چاپی: ۰۷۰۸-۲۲۵۲ شاپا الکترونیکی: ۳۹۲۵-۲۵۸۸
Homepage: https://jsmt.khu.ac.ir

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.4.0]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.26.41]

اثر حاد گرم کردن عمومی و نیرومندسازی پس‌فعالی بر پرش عمودی و الگوی پرش– فرود بازیکنان هندبال دارای نقص تنه

زهرا قهرمانی[۱]* | حسن دانشمندی[۲] | مهرداد عنبریان[۳]

۱. کارشناس ارشد، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
۲. استاد، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
۳. استاد، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

نویسنده مسئول: زهرا قهرمانی z.ghahremani20@gmail.com

اطلاعات مقاله:

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۵/۱۴
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۶/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۲۲

واژه‌های کلیدی:
نیرومندسازی پس‌فعالی – نقص تنه – فرود– هندبال

ارجاع
زهرا قهرمانی، حسن دانشمندی، مهرداد عنبریان. **اثر حاد گرم‌کردن عمومی و نیرومندسازی پس‌فعالی بر پرش عمودی و الگوی پرش– فرود بازیکنان هندبال دارای نقص تنه**. پژوهش در طب ورزشی و فناوری. ۱۴۰۲: ۱۳(۲۶):۵۵-۴۱

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، مقایسه اثر حاد گرم‌کردن عمومی و نیرومندسازی پس‌فعالی بر پرش عمودی و الگوی پرش– فرود زنان هندبالیست دارای نقص تنه بود. ۱۲ هندبالیست دارای نقص تنه داوطلبانه در این مطالعه شرکت کردند. آزمودنی‌ها در سه روز متفاوت هر سه پروتکل: ۱– گرم‌کردن عمومی ۲– گرم‌کردن عمومی با اجرای دو تکرار نیم‌اسکات پویا با شدت ۹۰ درصد یک تکرار بیشینه و ۳–گرم‌کردن عمومی با اجرای دو تکرار نیم‌اسکات ایستا با شدت ۹۰ درصد یک تکرار بیشینه را تصادفی اجرا کردند. آزمون پرش عمودی و سیستم امتیازدهی خطای فرود ۵ دقیقه پس از هر پروتکل انجام شد و ارتفاع پرش عمودی، نمره سیستم امتیازدهی خطای فرود، زوایای ولگوس و فلکشن زانو استخراج گردید. برای تحلیل آماری داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری تکراری استفاده شد. ارتفاع پرش پس از اجرای پروتکل‌های دوم و سوم نسبت به گرم‌کردن عمومی به طور معناداری افزایش یافت (به ترتیب $p=۰/۰۳۹$ و $p=۰/۰۴۷$)، اما در نمرات سیستم امتیازدهی خطای فرود، زوایای ولگوس و فلکشن زانوی آزمودنی‌ها در هر سه پروتکل تمرینی تفاوت معناداری مشاهده نگردید. به نظر می‌رسد گرم‌کردن با استفاده از نیرومندسازی پس‌فعالی می‌تواند منجر به بهبود عملکرد پرش عمودی ورزشکاران بدون تغییر خطر آسیب لیگامنت صلیبی قدامی گردد.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.4.0]

[DOI: 10.61186/jsmt.21.26.41]

مقدمه

برخی از عوامل آمادگی جسمانی – حرکتی در ورزشکاران نقش بسیار مؤثری در موفقیت و شکست آنان در مسابقات دارد. یکی از این عوامل، توان عضلانی (قدرت انفجاری) است (۱)؛ بنابراین مربیان و ورزشکاران همواره به دنبال راهی جهت بهبود عملکرد ورزشی و دستیابی به شیوه‌ای مؤثر برای افزایش بازده توان عضلات درگیر هستند (۲) و بدین منظور روش‌های متعددی ازجمله راهبردهای تغذیه‌ای، روان‌شناختی، راهبردهای تمرینی و دخالت‌های پزشکی اعمال نموده¬اند (۳). یکی از این روش‌ها گرم کردن است که مجموعه‌ای از حرکات جسمانی است که ورزشکاران جهت بهبود عملکرد و همچنین کاهش خطر آسیب جهت آماده‌سازی مفاصل، عضلات و تاندون‌ها انجام می‌دهند (٤). سرعت، توان و قدرت که عوامل تعیین‌کننده عملکرد در تمرین و مسابقه هستند، می‌توانند با گرم کردن مناسب افزایش یابند (۵). یکی از تکنیک‌هایی که در مطالعات پیشین با هدف بهبود عملکرد به پروتکل گرم کردن قبل از رقابت افزوده‌شده است، نیرومندسازی پس‌فعالی (PAP)[1] است (۳).

برخی مطالعات نشان می‌دهد انقباض‌های ارادی بیشینه و زیربیشینه در مرحله گرم کردن می‌تواند موجب افزایش در عملکرد پرش گردد. در این دست مطالعات پدیده‌ای که مسئول ایجاد چنین سازگاری است را **PAP** نامیده‌اند (۳). طی برخی از تحقیقات پیشین، مشخص‌شده است **PAP** از طریق بهبود عملکرد عصبی – عضلانی منجر به افزایش موقت در عملکرد و تولید نیروی عضلانی می‌گردد که ناشی از فعالیت قبلی عضلات است (٦) و منجر به تغییراتی در فراخوانی، سرعت تحریک و فعال‌سازی هم‌زمان واحدهای حرکتی و در نهایت افزایش عملکرد در توان و قدرت می‌شود (۳). گورگولیس و همکاران به بررسی اثر اجرای نیم اسکات‌های زیربیشینه پویا در برنامه گرم کردن بر توانایی پرش عمودی ۲۰ ورزشکار پرداختند و افزایش در ارتفاع پرش عمودی مشاهده شد (۳). همچنین در پژوهش هافمن و دیگران (۲۰۰۷) تأثیر اجرای یک تکرار بیشینه (1RM)[2] اسکات بر ارتفاع پرش عمودی و توان اوج بررسی و افزایش معناداری در ارتفاع پرش و توان اوج مشاهده شد (۷). همین طور قهرمانی و ناظم (۲۰۱٤) اثر نوع و شدت انقباض‌های ارادی را بر پرش عمودی بررسی کرده و نتایج مثبتی را یافتند (۸). با این حال مطالعات اندکی نیز بی‌اثر بودن یا اثرات منفی **PAP** را بر عملکرد گزارش کرده‌اند. در مطالعه هانسون و همکاران اثر حاد اسکات با شدت بالا (۸۰٪ ۱**RM**) و شدت پایین (٤۰٪ ۱**RM**) بر عملکرد متعاقب (پرش) موردبررسی قرار گرفت و مشاهده شد پس از هر پرش، متغیرهای وابسته (زمان برخورد با زمین، اوج نیروی عکس‌العمل عمودی زمین و حداقل نیروی عکس‌العمل زمین) به دنبال اجرای اسکات زیربیشینه کاهش یافتند (۹) بنابراین به نظر می‌رسد نتایج مطالعات در این زمینه متناقض است.

افزایش میزان علاقه به ورزش و تعداد ورزشکاران، منجر به افزایش آسیب‌های ورزشی شده است. آسیب بخش اجتناب‌ناپذیر ورزش است که در اثر مجموعه‌ای از عوامل خطرزای داخلی (سن، جنسیت، عوامل هورمونی، ژنتیک و...) و خارجی (مرتبط با محیط و امکانات مانند نوع کفش، سطح رقابت، آب و هوا، سطح زمین و ...) اتفاق می‌افتد. از دیگر

1. Post-activation potentiation
2. One repetition maximum

عوامل ایجاد آسیب، تعیین حرکاتی است که منجر به آسیب می‌گردد. شایع‌ترین آسیب لیگامانی زانو، پارگی لیگامان صلیبی قدامی[3] است. سازوکار آسیب لیگامان صلیبی قدامی به دو قسمت برخوردی (۳۰ درصد) و غیربرخوردی (۷۰ درصد) تقسیم می‌شود که نوع برخوردی آن شامل آسیب‌های مستقیم و غیرمستقیم و غیربرخوردی آن شامل آسیب‌های ناشی از تغییرات ناگهانی و شتابی در حرکات پرش – فرود و مانورهای برشی است (۱۰).

تعادل عصبی – عضلانی ضعیف بیومکانیک اندام تحتانی یا عدم تعادل عصبی – عضلانی طی فعالیت‌های ورزشی پرخطر، عامل اصلی آسیب لیگامان صلیبی قدامی است. عدم تعادل عصبی– عضلانی، اختلال در توان، الگوهای فعال‌سازی یا قدرت عضلانی هستند که باعث کاهش ثبات پویای مفصل زانو و افزایش بار وارده بر لیگامان صلیبی قدامی می‌گردند. یکی از این عدم تعادل‌ها، نقص تنه است که به عنوان حرکت بیش از حد ناحیه مرکزی بدن تعریف می‌شود. نقص‌تنه ممکن است طی فرود و پرش به حرکت جانبی غیرکنترلی تنه منجر شود. این نقص می‌تواند گشتاور ابداکشن[4] زانو را افزایش داده و از طریق افزایش استرس بر لیگامان‌های آن منجر به آسیب گردد (۱۱).

مطالعات مختلفی تأثیر گرم کردن به روش **PAP** را بر ارتقای عملکرد بررسی نموده‌اند که بسیاری از این مطالعات، بیانگر تأثیرات مثبت **PAP** بر عملکرد انفجاری متعاقب آن می‌باشند؛ اما بر اساس جستجوی صورت گرفته، پژوهشی مشاهده نشد که اثر این روش گرم کردن را بر ریسک آسیب اندام تحتانی (**ACL**) بررسی کرده باشد. از طرفی، افراد دارای نقص تنه به دلیل اختلال در عملکرد مرکزی بدن و از طریق سازوکارهای عصبی – عضلانی، هنگام حرکت پرش – فرود کینماتیک متفاوتی را نسبت به افراد سالم از خود نشان می‌دهند که منجر به افزایش استرس بر لیگامان‌های زانو شده و در نتیجه مستعد آسیب‌های **ACL** می‌باشند. حال این سؤال پیش می‌آید که آیا **PAP** به دلیل تغییراتی که در سیستم عصبی – عضلانی ایجاد کرده و بر اساس یافته‌های مطالعات پیشین از این طریق منجر به بهبود عملکرد می‌گردد، می‌تواند کینماتیک اندام تحتانی این افراد را طی پرش – فرود تغییر داده و متعاقب آن باعث افزایش یا کاهش ریسک آسیب **ACL** گردد یا خیر؟ بنابراین پژوهش حاضر می‌کوشد تا علاوه بر بررسی اثر **PAP** بر عملکرد پرش عمودی، اثر آن را نیز بر میزان خطر آسیب **ACL** در زنان هندبالیست دارای نقص تنه هنگام انجام تکنیک پرش– فرود بررسی کند.

روش‌شناسی

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی است که ۱۲ زن هندبالیست با ویژگی¬های سن ۲۳±۲/۷ سال، وزن ۵۸/۵±۷/۵ کیلوگرم، قد ۱۶۳/۷±۵ سانتی¬متر و پیشینه تمرین ۴/۷±۱/۲ سال داوطلبانه در این طرح شرکت کردند (جدول ۱). آزمودنی‌ها سابقه حداقل ۲ سال فعالیت منظم را در رشته هندبال داشته و طی یک سال گذشته به صورت نامنظم حداقل هفته‌ای یک جلسه به تمرین مقاومتی پرداخته بودند. همین طور در ۶ ماه اخیر هیچ آسیب‌دیدگی در ناحیه اندام تحتانی گزارش نکرده بودند. در یک غربالگری اولیه از ۲۰ نفر، توسط آزمون پرش تاک[5] ۱۲ نفر به عنوان افراد دارای نقص تنه

3. Anterior cruciate ligament
4 . abduction
5. Tuck jump

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.4.0]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.26.41]

شناسایی و به‌طور هدفمند به‌عنوان آزمودنی تحقیق انتخاب شدند. آزمون پرش تاک جهت شناسایی نقص‌های عصبی – عضلانی از جمله نقص تنه به کار می‌رود. برای اجرای پرش تاک، ورزشکار با پاهای باز به‌اندازه عرض شانه شروع به پرش عمودی می‌کرد و زانوهای خود را تا جایی که امکان داشت بالا می‌آورد. در بالاترین نقطه پرش، ران‌ها موازی با زمین قرار داشتند. هنگام فرود، ورزشکار باید پرش تاک بعدی را شروع می‌کرد. این آزمون برای ۱۰ ثانیه اجرا شد (۱۲). فردی که قادر نبود در محل شروع پرش فرود بیاید، در نقطه اوج پرش ران‌هایش موازی با زمین قرار نمی‌گرفت و پرش‌هایش در طول ۱۰ ثانیه با وقفه انجام می‌شد، به عنوان فرد مبتلا به نقص تنه در نظر گرفته شد (۱۲, ۱۳). همه آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه شرکت در پژوهش را تکمیل کردند.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی آزمودنی‌ها

متغیر	کل آزمودنی‌ها (۱۲ نفر) (میانگین± انحراف استاندارد)
سن (سال)	۲۳ ± ۲/۷
وزن (کیلوگرم)	۵۸/۷ ± ۵/۵
قد (سانتی‌متر)	۱۶۳/۷ ± ۵
شاخص توده بدنی (کیلوگرم/مترمربع)	۲۱/۷۸ ± ۱/۸۵
پیشینه تمرینی (سال)	٤/۷ ± ۱/۲

آزمودنی‌ها در پنج جلسه جداگانه به فاصله ۷۲ ساعت از یکدیگر (١٤) به آزمایشگاه مراجعه کردند. دو جلسه اول به آشنایی با پروتکل و تعیین **RM**۱ پویا و ایستا (در دو جلسه جداگانه جهت جلوگیری از خستگی) در حرکت نیم اسکات پرداخته شد. در ارزیابی قدرت بیشینه و اجرای آزمون‌ها از صفحه‌های وزنه، میله هالتر و پایه اسکات استفاده شد. آزمون تعیین **RM**۱ در حرکات نیم اسکات بر اساس پروتکل هافمن انجام شد. اصول ارزیابی **RM**۱ در این پروتکل به این ترتیب است: ۱–انجام یک ست ۱۰ تکرار به عنوان گرم کردن (تقریباً برابر با ٪۵۰ **RM**۱ مورد انتظار)، ۲–یک ست ۵ تکرار (تقریباً برابر با ٪۷۵ **RM**۱ مورد انتظار)، ۳– ۳ تا ۵ دقیقه استراحت، ٤– انجام یک حرکت که تقریباً برابر با ۹۰ تا ٪۹۵ **RM**۱ است، ۵– ۳ تا ۵ دقیقه استراحت، ٦– تلاش برای بلند کردن وزنه‌ها که برابر با **RM**۱ است، ۷– ۳ تا ۵ دقیقه استراحت، ۸– اگر بلند کردن **RM**۱ موفقیت‌آمیز بود وزنه بیشتر امتحان می‌شود، ۹– این مراحل تا عدم موفقیت در انجام کار ادامه می‌یابد و در نهایت آخرین وزنه‌ای که فرد موفق به بلند کردن آن شده است، به عنوان **RM**۱ نهایی ثبت می‌گردد (۷). در سه جلسه بعدی آزمودنی‌ها در یک طرح متقاطع بر حسب تصادف یکی از سه پروتکل: ۱– گرم کردن عمومی (کنترل)، ۲– گرم کردن و اجرای یک نوبت دو تکراری حرکت نیم اسکات پویا با شدت ٪۹۰ **RM**۱، **3**– گرم کردن و اجرای یک نوبت دو تکراری حرکت نیم–اسکات ایستا با شدت ٪۹۰ **RM**۱ را اجرا کردند و پس از ۵ دقیقه، آزمون پرش

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.4.0]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.26.41]

عمودی و آزمون سیستم امتیازدهی خطای فرود (LESS)[6] به عمل آمد. در هر جلسه، آزمودنی‌ها پروتکل یکسانی را برای گرم کردن عمومی استفاده می‌کردند، یعنی ابتدا ۵ دقیقه روی تردمیل می‌دویدند و سپس ۳ دقیقه به انجام حرکات کششی (گروه‌های عضلانی چهارسررانی، همسترینگ، جلو و پشت ساق پا و ناحیه کمر و پشت) پرداخته (هر کشش ٤-٦ ثانیه) و در انتها ۵ نشست‌وبرخاست را اجرا می‌کردند (۱۵).

برای ثبت زمان پرواز در آزمون پرش عمودی از دستگاه نیروسنج شرکت دانش سالار ایرانیان ساخت کشور ایران و از نرم‌افزار مربوط به دستگاه (٤١٠. ٩. ٤**Force plate**) با فیلتر پایین گذر باتروورث (**Butterworth**) با شیفت فازی صفر و مرتبه ٤ و فرکانس برش ۱۰ هرتز استفاده شد. آزمودنی با پاهای باز به‌اندازه عرض شانه بر روی صفحه نیرو می‌ایستاد. سپس از حالت نیم‌نگاه (زاویه زانو تقریباً ۹۰ درجه) و دست‌ها در نزدیکی کمر سعی می‌کرد با تمام توان به صورت اسکات پرشی به سمت بالا پرش کند و با زانوهای باز روی دستگاه فرود بیاید. مدت زمانی که توزیع نیرو بر روی دستگاه قابل‌مشاهده نبود، به عنوان زمان پرواز در نظر گرفته شد. پس از ثبت زمان پرواز، با استفاده از فرمول زیر ارتفاع پرش به دست آمد (١٦):

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

محاسبه ارتفاع پرش عمودی با استفاده از زمان پرواز

جهت بررسی تکنیک پرش- فرود، از آزمون **LESS** استفاده شد. در جلسه پیش‌آزمون، افراد از روی سکوی ۳۰ سانتی‌متری حرکت پرش را انجام داده و در جلوی سکو در فاصله‌ای برابر با ۵۰٪ قد خود فرود می‌آمدند. سپس بلافاصله یک پرش عمودی حداکثر را انجام می‌دادند. در هنگام آموزش آزمون تأکید می‌شد که فرد به محض فرود از سکو، با حداکثر توان به سمت بالا بپرد. در هنگام انجام آزمون هیچ بازخوردی به فرد داده نمی‌شد، مگر زمانی که آزمون را اشتباه انجام می‌داد. در هنگام آزمون هر فرد ۳ پرش درست را انجام می‌داد. اگر فرد به فاصله افقی تعیین‌شده نمی‌رسید یا پس از فرود، پرش عمودی حداکثر را انجام نمی‌داد آن نوبت حذف و پرش- فرود یک‌بار دیگر تکرار می‌شد. دو دوربین (**SONY, DSR-hc62 60** هرتز ساخت کشور ژاپن) جهت ضبط تصاویر از نمای فرونتال و ساجیتال قرار گرفتند. برای ثبت کینماتیک حرکات به صورت دوبعدی، از دو دوربین استفاده شد که یکی از دوربین‌ها عمود بر صفحه فرونتال (جهت اندازه‌گیری والگوس زانو) و دوربین دوم عمود بر صفحه ساجیتال (برای اندازه‌گیری فلکشن زانو) قرار گرفتند. به منظور کالیبراسیون دوربین‌ها از یک میله فلزی به ارتفاع یک متر استفاده شد، به این صورت که طول یک متر بر مبنای پیکسل‌های ثبت‌شده از دوربین‌ها برای تبدیل پیکسل به متر استفاده شد. آزمون **LESS** دارای ۱۷ آیتم است که آیتم‌های ١٦ و ۱۷ ذهنی بوده و در مجموع امتیازات محاسبه نمی‌شوند. امتیاز نهایی برای هر فرود، از مجموع امتیازات تمامی آیتم‌ها (۰-۱۵) محاسبه

6. Landing error scoring system

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.4.0]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.26.41]

می‌شود. امتیازات بیشتر (خطاهای بیشتر) نشانگر تکنیک‌های فرود خطرزا است. در انتها میانگین امتیازات ۳ پرش به عنوان امتیاز نهایی برای هر فرد ثبت شد (۱۷).

به منظور بررسی زوایا نیز از پروتکل **LESS** استفاده شد. جهت بررسی زاویه ولگوس، مارکرها در راستای خار خاصره‌ای قدامی تحتانی، مرکز کشکک و حد وسط دو قوزک پای برتر (۱۸) و جهت بررسی زاویه فلکشن، در راستای تروکانتر بزرگ ران، اپی‌کندیل خارجی ران و قوزک خارجی مچ پای برتر نصب شدند (۱۹). در نهایت هر سه کوشش صحیح توسط نرم‌افزار کینووا[7] آنالیز و نمره **LESS**، زوایای ولگوس و فلکشن زانوی پای برتر استخراج شد.

برای آنالیز آماری داده‌ها از روش‌های آماری توصیفی و استنباطی استفاده شد. از آمار توصیفی برای تعیین میانگین، انحراف معیار و رسم نمودارها استفاده شد. در بخش آمار استنباطی از آزمون شاپیرو- ویلک[8]جهت بررسی توزیع طبیعی داده‌ها و برای شناسایی تفاوت‌های معنادار از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری و آزمون تعقیبی بونفرونی (بونفرونی[9] (نرم‌افزار SPSS[10] نسخه ۲۰) استفاده شد (**P**≤۰/۰۵).

یافته‌ها

ارتفاع پرش عمودی: بین میزان ارتفاع پرش پس از پروتکل‌های مختلف گرم کردن تفاوت معنادار وجود داشت (**F**۱۳/۱۹۵= و **P**۰/۰۰٦=). همچنین در بررسی آزمون تعقیبی بونفرونی بین گرم کردن عمومی و اجرای نیم اسکات پویای بیشینه (پروتکل دوم **P**۰/۰۳۹=) و گرم کردن عمومی و اجرای نیم اسکات ایستای بیشینه (پروتکل سوم **P**۰/۰٤۷=) در مقایسه با گرم کردن عمومی (پروتکل اول) تفاوت معناداری وجود داشت؛ اما بین پروتکل‌های دوم و سوم تفاوت معناداری مشاهده نشد (**P**۱/۰۰۰=). عملکرد پرش پس از اجرای پروتکل‌های مختلف در جدول شماره ۲ و ۳ و شکل ۱ آورده شده است.

جدول ۲. ارتفاع پرش عمودی پس از اجرای سه پروتکل (Mean±SEM)

متغیر	گرم‌کردن معمولی	PAP ایستا	PAP پویا	F	P
ارتفاع پرش عمودی	۲۰/۹ ± ۰/٦	۲٤/٤۲ ± ۰/۵	۲٤/٤ ± ۰/۵	۱۳/۱۹۵	۰/۰۰٦*

* تفاوت معنادار بین سه پروتکل (P≤۰/۰۵)

جدول ۳. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی در ارتباط با ارتفاع پرش عمودی پس از اجرای سه پروتکل

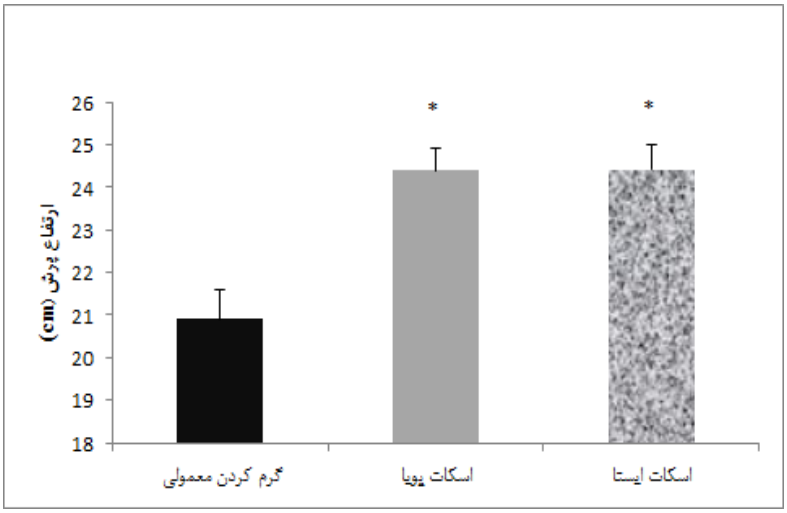
متغیر مستقل		میزان P
سطح	سطح	
گرم کردن معمولی	PAPایستا	۰/۰٤۷*

7 . kinovea
8 . shapirovilk
9 . Bonferoni
10 . statistical package for social sciences

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.4.0]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.26.41]

	PAP پویا	۰/۰۳۹*
PAPایستا	گرم کردن معمولی	۰/۰۴۷*
	PAP پویا	۱
PAP پویا	گرم کردن معمولی	۰/۰۳۹*
	PAPایستا	۱

* تفاوت معنادار بین پروتکل‌ها (P≤۰/۰۵)



شکل ۱. ارتفاع پرش عمودی پس از اجرای سه پروتکل (**Mean ± SEM**)

*تفاوت معنادار نسبت به پروتکل گرم کردن عمومی

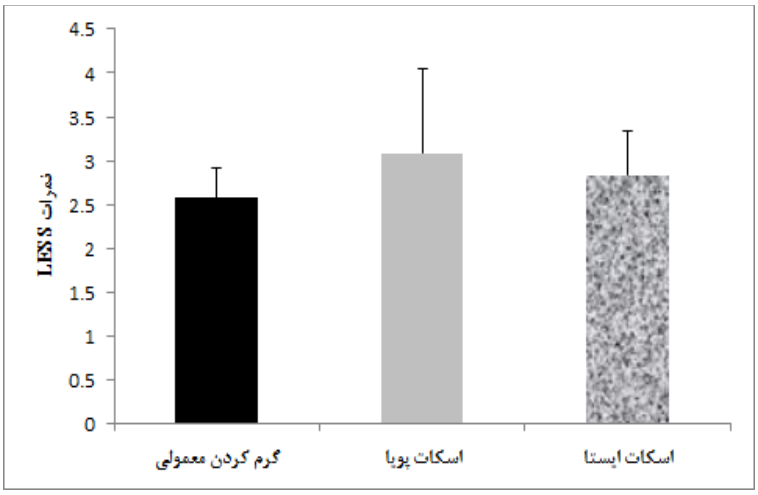
نمره **LESS**، زوایای ولگوس و فلکشن زانو: هیچ تفاوت معناداری در نمره **LESS**، زوایای ولگوس و فلکشن زانوی آزمودنی‌ها در بین سه سطح اجرای پروتکل یافت نشد (به ترتیب **P=**۰/۵۷۸، **600/0F=** و **P=**۰/۹۳۱، **072/0F=** و **P=**۰/۱۷۲، **391/2F=**). نتایج مربوط به نمره **LESS**، زوایای ولگوس و فلکشن زانو در جدول شماره ٤ و شکل‌های ۲، ۳ و ٤ آورده شده است.

جدول ٤- نمره LESS، زاویه ولگوس و زاویه فلکشن پس از اجرای سه پروتکل (Mean±SEM)

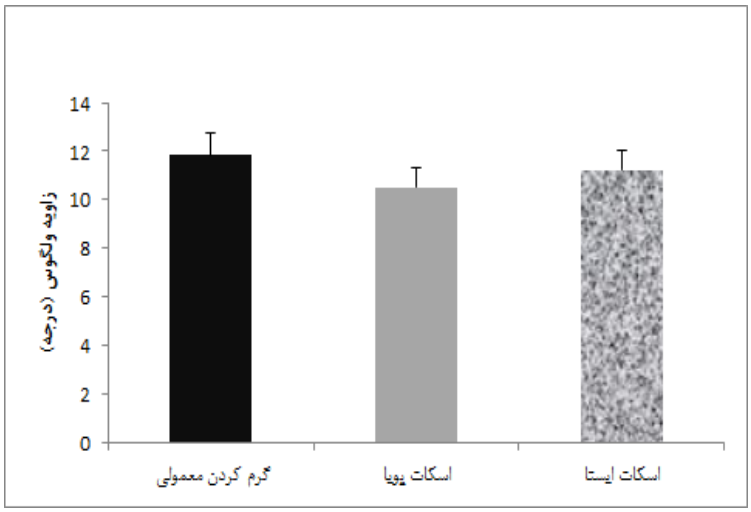
متغیر	گرم‌کردن معمولی	PAP ایستا	PAP پویا	F	P
آزمون LESS	۲/۵۸ ± ۰/۳	۲/۸۳ ± ۰/۵	۳/۰۸ ± ۰/۹	۰/۶۰۰	۰/۵۷۸
زاویه ولگوس	۱۱/۸۳ ± ۰/۹۵	۱۱/۲٤ ± ۰/۷	۱۰/٤۹ ± ۰/۸٤	۰/۰۷۲	۰/۹۳۱
زاویه فلکشن	۸۲/۹۱ ± ۵/۲	۷۲/۹۱ ± ۳/۶	٦۹/۹۹ ± ۱/۱	۲/۳۹۱	۰/۱۷۲

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.4.0]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.26.41]

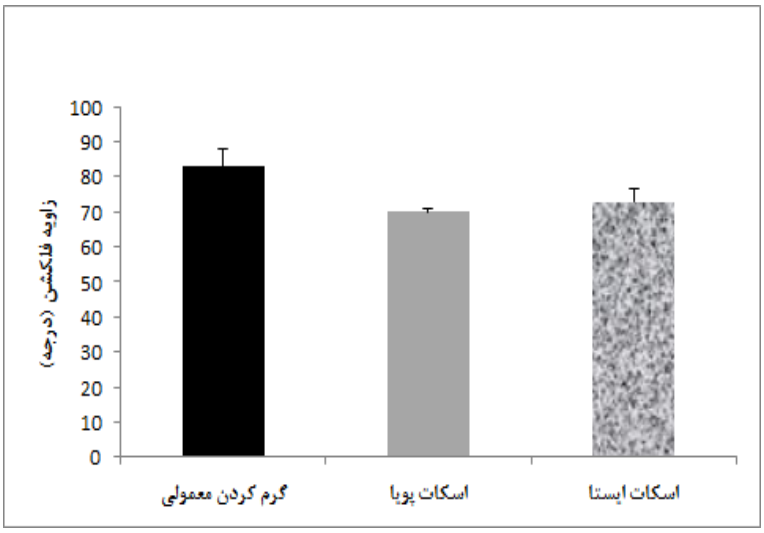
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.4.0]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.26.41]



شکل ۲. نمره سیستم امتیازدهی خطای فرود پس از اجرای سه پروتکل (Mean ± SEM)



شکل ۳. زاویه ولگوس پس از اجرای سه پروتکل (Mean ± SEM)



شکل ٤. زاویه فلکشن پس از اجرای سه پروتکل (**Mean ± SEM**)

بحث

هدف از انجام پژوهش حاضر، مقایسه اثر حاد گرم کردن عمومی و نیرومندسازی پس فعالی بر عملکرد پرش عمودی و الگوی پرش- فرود در زنان هندبالیست دارای نقص تنه بود. طبق نتایج، ارتفاع پرش عمودی پس از گرم کردن و اجرای نیم اسکات پویا (پروتکل دوم) نسبت به ارتفاع پرش پس از گرم کردن عمومی (پروتکل اول) به‌طور معناداری افزایش یافت. همچنین این افزایش معنادار در ارتفاع پرش پس از گرم کردن و اجرای نیم اسکات ایستا (پروتکل سوم) نسبت به پروتکل اول نیز مشاهده شد. نتایج این مطالعه با مطالعات هافمن و دیگران (۷)، قهرمانی و ناظم (۲۰۱٤) (۸) همخوانی دارد. هافمن و همکاران افزایش معناداری را به دنبال اجرای یک نوبت نیم اسکات پویای بیشینه در ارتفاع پرش عمودی گزارش کردند. همچنین قهرمانی و همکاران، اثر اجرای نیم اسکات پویای بیشینه را بر روی ۲۰ ورزشکار بررسی کردند و نشان دادند که ارتفاع پرش پس از گرم کردن به این روش نسبت به گرم کردن عمومی افزایش یافت. نتایج مطالعه عبدالملکی و دیگران (۲۰) نیز مؤید تأثیر **PAP** بر افزایش عملکرد پرش بود. از سوی دیگر این یافته با نتایج مطالعه سیگولا و فانتن (۲۰۱٤) ناهم‌سوست که گزارش کردند به دنبال اجرای حرکت اسکات ایستای بیشینه با ۹۰٪ **RM**۱ در زنان عضو **NCAA** (اتحادیه ملی ورزش دانشگاهی) کاهش معناداری در ارتفاع پرش عمودی مشاهده شد که به نظر می‌رسد سطح آمادگی افراد دلیل این تناقض باشد؛ زیرا طبق یافته¬های مطالعات پیشین، **PAP** در افراد دارای پیشینه تمرینات مقاومتی بیشتر تأثیر بزرگ‌تری دارد (۲۱). نتایج متناقضی در ارتباط با اثر **PAP** بر بهبود عملکرد پرش زنان وجود دارد. بسیاری از مطالعات تفاوت جنسیتی معناداری را در اثرگذاری **PAP** بر عملکرد اندام تحتانی گزارش نکرده‌اند (۲۲, ۲۳)؛ درحالی‌که مطالعات دیگری بیانگر اثرگذاری بیشتر **PAP** در مردان در مقایسه با زنان هستند (٦, ٢٤). این مطالعات دلیل این تفاوت را ویژگی تارهای عضلانی عنوان می‌کنند که ازآنجایی‌که مردان نسبت به زنان دارای درصد بیشتر تارهای

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.4.0]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.26.41]

نوع ۲ و در نتیجه انقباض سریع‌تر می‌باشند، عملکرد پرش بهتری را به دنبال **PAP** از خود بروز می‌دهند. همچنین مطالعه اولیری و دیگران (۱۹۹۸) علاوه بر موضوع فوق، نیاز زنان به استراحت بیشتر را بیان می‌کند که در واقع استراحت کم در زنان منجر به خستگی شده و اثرگذاری **PAP** را در آنان کمتر می‌نماید (۲٤).

همچنین نتایج، تفاوت معناداری را بین پروتکل‌های دوم و سوم نشان نداد. این یافته با نتایج مطالعه عبدالملکی و دیگران (۲۰۱۳) همسو بوده (۲۰)، اما با نتایج مطالعه ریکسون و دیگران (۲۰۰۷) ناهم‌سوست که به نظر می‌رسد این تناقض به ۲ دلیل باشد: ۱- سطح آمادگی که در مطالعه ریکسون در مقایسه با مطالعه حاضر، افراد تجربه منظم‌تر و بیشتری در کار با وزنه داشتند. ۲- برابر نبودن شدت اعمال‌شده که در مطالعه ریکسون از شدت زیربیشینه (۷۵٪) بهره برده شده، درحالی‌که در مطالعه حاضر از شدت بیشینه (۹۰٪) استفاده‌شده است (۲۵).

برای بررسی تکنیک پرش – فرود از آزمون **LESS** استفاده شد. به گفته پاودا و دیگران (۲۰۰۹)، آزمون **LESS** جهت ارزیابی کینتیک و کینماتیک استراتژی پرش – فرود طراحی‌شده است. **LESS** به عنوان یک ابزار ارزیابی میدانی، معیار قابل اعتمادی جهت تشخیص افرادی که الگوهای حرکتی پرخطر را در طول پرش – فرود از خود بروز می‌دهند است. **LESS** یک آیتم ۱۷ امتیازی از خطاهای فرود است. **LESS**≤٤ نشان‌دهنده تکنیک فرود عالی، ٤<**LESS**≤**5** فرود خوب، ٥<**LESS**≤**6** فرود متوسط و ٦<**LESS** نشان‌دهنده فرود ضعیف و پرخطر است (۱۷).

ولگوس در فرود (پوزیشن دور شده زانو)، با آسیب‌های مختلف زانو ازجمله آسیب **ACL** مرتبط است (۲٦). زنان در طول فرود تک پا و جفت پا ولگوس بیشتری را از خود نشان می‌دهند. از طرف دیگر، بسیاری از آسیب‌های **ACL** در زاویه ۰ تا ٤٥ درجه فلکشن زانو اتفاق می‌افتد (۱۹)؛ بنابراین زوایای ولگوس و فلکشن زانو از فاکتورهای آسیب **ACL** می‌باشند.

در تحقیق حاضر، بین سه سطح اجرای پروتکل گرم کردن تفاوت معناداری در نمره **LESS**، زوایای ولگوس و فلکشن زانوی آزمودنی‌ها یافت نشد. بر اساس جستجوی صورت گرفته، مطالعه‌ای یافت نشد که اثر **PAP** را بر میزان ریسک آسیب **ACL** مورد بررسی قرار داده باشد؛ اما مطالعاتی نزدیک به پژوهش حاضر وجود داشت که در واقع این مطالعات اثر خستگی پس از اعمال بارهای بیشینه و زیربیشینه را بر بیومکانیک مفصل زانو موردمطالعه قرار داده بودند. الکسیس و دیگران (۲۰۱۰) اثر خستگی پس از پروتکل بی‌هوازی وینگیت را در زنان و در فرود تک پا موردمطالعه قراردادند و مشاهده کردند آزمودنی‌ها زاویه فلکشن کمتر و ولگوس بیشتر را از خود نشان دادند و نتیجه گرفته شد خستگی متابولیک می‌تواند زنان را مستعد آسیب‌های مرتبط با **ACL** کند (۲۷). کریستیان و دیگران (۲۰۱٤) نیز اثر خستگی پس از تلاش بیشینه با دستگاه ایزوکینتیک بر روی عضلات همسترینگ را در تکنیک پرش – فرود بررسی و کاهش معناداری را در حداکثر فلکشن زانو و قدرت همسترینگ و گشتاور زانو گزارش کردند که تمام این مؤلفه‌ها با افزایش بار بر روی **ACL** مرتبط هستند (۲۸). همچنین نتایج مشابهی در مطالعه ماریجنی و دیگران (۲۰۱٤) یافت شد (۲۹). در مطالعه توماس و دیگران (۲۰۰۸) نیز تفاوت‌های جنسیتی اثر خستگی یک پروتکل با ٦۰٪ **RM**۱ بر فرود و بر روی پای غالب مورد بررسی قرار گرفت و نتیجه گرفته شد خستگی عصبی–عضلانی، منجر به کاهش بیشتر زاویه فلکشن در زنان نسبت به مردان و

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.4.0]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.26.41]

همین طور افزایش حداکثر زاویه ولگوس و نیروی برش قدامی در آن‌ها شد (۳۰). این مطالعه نشان داد در ارتباط با اثر خستگی بر ریسک آسیب **ACL**، زنان به دلیل وجود تفاوت‌های کینماتیکی در موقع فرود، در معرض خطر بیشتری نسبت به مردان قرار دارند. در مطالعه موهسین و دیگران (۲۰۱۹) نیز خستگی پس از یک پروتکل هوازی در آزمودنی‌های زیر ۱۸ سال مورد بررسی قرارگرفته و نتایجی مشابه با مطالعات قبل مشاهده شد (۳۱).

در تمام مطالعاتی که ذکر شد، اثر خستگی پس از اعمال بار بیشینه یا زیربیشینه بر میزان ریسک آسیب‌های مرتبط با زانو مورد بررسی قرارگرفته است. این مطالعات را نمی‌توانیم به پژوهش حاضر تعمیم دهیم. در مطالعات قبل، نوع خستگی با پژوهش حاضر کاملاً متفاوت است. در این مطالعات از پروتکل‌هایی مانند وینگیت و دستگاه ایزوکینتیک و پروتکل¬های هوازی به عنوان پروتکل خستگی‌زا استفاده شد. از طرفی دیگر، این مطالعات ریسک آسیب را بلافاصله پس از پروتکل خستگی و بدون استراحت بررسی کردند؛ درحالی¬که در پژوهش حاضر، آزمون‌های موردنظر بعد از ۵ دقیقه استراحت پس از **PAP** انجام گرفت. به این دلیل که مطالعات گذشته نشان داده بودند در این بازه زمانی، بیش‌ترین اثر **PAP** بر افزایش عملکرد قابل‌مشاهده است. پیشینه مطالعاتی **PAP** نشان می‌دهد بین ۱ تا ۳ دقیقه پس از **PAP** به دلیل خستگی هیچ‌گونه افزایشی در عملکرد وجود نداشته و حتی در برخی مطالعات افت عملکرد نیز مشاهده‌شده است. از طرف دیگر در بسیاری از مطالعات افزایش عملکرد قابل‌توجه، ۵ تا ۲۰ دقیقه پس از **PAP** ایجاد می‌گردد و پس از ۲۰ دقیقه اثر **PAP** بر عملکرد از بین خواهد رفت (۳۲, ۳۳)؛ بنابراین در پژوهش حاضر به دلیل اینکه یکی از اهداف آن بررسی افزایش عملکرد پرش عمودی بود، استراحت ۵ دقیقه‌ای در نظر گرفته شد. نقطه قوت پژوهش حاضر این است که اولین پژوهشی است که اثر **PAP** را از جنبه آسیب مورد بررسی قرار داده است، اما محدودیت‌های آن این است که اثر **PAP** را صرفاً از نظر کینماتیک مورد بررسی قرار داده است، بنابراین پیشنهاد می‌شود اثر آن از جنبه‌های کینتیکی نیز مورد ارزیابی قرار گیرد. همچنین این مطالعه بر روی زنان صورت گرفته است؛ بنابراین به دلیل تفاوت جنسیتی در کینماتیک فرود و آسیب **ACL** این پژوهش باید بر روی مردان نیز بررسی گردد. همچنین توصیه می‌شود این پژوهش بر روی سایر ورزشکاران رشته‌های پرشی مانند بسکتبال و والیبال نیز مورد بررسی قرار گیرد. در نتیجه به نظر می‌رسد نیاز به مطالعات بیشتری در این زمینه است.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج پژوهش حاضر، به نظر می‌رسد بهره‌گیری از نیم اسکات‌های بیشینه پویا و ایستا پس از گرم کردن، نسبت به گرم کردن عمومی منجر به افزایش عملکرد انفجاری متعاقب می‌گردد که می‌تواند در ورزش‌های سرعتی، قدرتی و توانی سودمند واقع گردد. علاوه بر این، با توجه به یافته‌های این پژوهش، احتمالاً نیرومندسازی پس فعالی هیچ‌گونه تغییری در میزان خطر آسیب زانو به ویژه لیگامان صلیبی قدامی ایجاد نمی‌کند. البته با توجه به اینکه مطالعه‌ای در این زمینه انجام‌نشده است نیاز به مطالعات بیشتری در این زمینه است تا بتوان با قطعیت در این موردنظر داد؛ بنابراین می‌تواند به عنوان یک روش گرم کردن که به دلیل افزایش عملکرد، کارایی بیشتری نسبت به روش سنتی دارد و بدون هیچ‌گونه

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.4.0]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.26.41]

استرس و نگرانی از آسیب‌های مرتبط با بار بیشینه، توسط مربیان و ورزشکاران مورداستفاده قرارگرفته و در بهبود عملکرد ورزشکاران نقش مهمی را ایفا کند.

تشکر و قدردانی

از مسئولین محترم آزمایشگاه تحقیقاتی بیومکانیک اندام تحتانی دانشگاه بوعلی سینا و تمامی ورزشکارانی که به –عنوان آزمودنی در این پژوهش شرکت کردند سپاسگزاریم.

References

1. Baker, D. (2003). Acute effect of alternating heavy and light resistances on power output during upper-body complex power training. Copyright Warning:149.
2. DeRenne, C. (2010). Effects of postactivation potentiation warm-up in male and female sport performances: A brief review. Strength & Conditioning Journal.32(6):58-64.
3. 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):342-4.
4. Mahli, MR. (2012). Acute effects of stretching on athletic performance: the ability of some exercises in compensating stretching-related performance deficits.
5. Boullosa, D.,Del Rosso, S.,Behm, DG.,Foster, C. (2018). Post-activation potentiation (PAP) in endurance sports: a review. European journal of sport science.18(5):595-610.
6. Sygulla, KS.,Fountaine, CJ. (2014). Acute post-activation potentiation effects in NCAA division II female athletes. International journal of exercise science.7(3):212.
7. Hoffman, JR.,Ratamess, NA.,Faigenbaum, AD.,Mangine, GT.,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.
8. Ghahremani, R.,Nazem, F. (2014). The acute effects of unilateral and bilateral squats on vertical jumping functional and electromyographic indexes in athlete men. Journal of sport in biomotor sciences.6(11):27-36. (Persian(
9. Hanson, ED.,Leigh, S.,Mynark, RG. (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):1012-7.
10. Sutton, KM.,Bullock, JM. (2013). Anterior cruciate ligament rupture: differences between males and females. JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons.21(1):41-50.
11. Johnson, DL. (2010). ACL prevention programs: fact or fiction? Orthopedics (Online).33(1):36.
12. Myer, GD.,Ford, KR.,Hewett, TE. (2011). New method to identify athletes at high risk of ACL injury using clinic-based measurements and freeware computer analysis. British Journal of Sports Medicine.45(4):238-44.
13. Myer, GD.,Chu, DA.,Brent, JL.,Hewett, TE. (2008). Trunk and hip control neuromuscular training for the prevention of knee joint injury. Clinics in sports medicine.27(3):425-48.
14. French, DN.,Kraemer, WJ.,Cooke, CB. (2003). Changes in dynamic exercise performance following a sequence of preconditioning isometric muscle actions. The Journal of Strength & Conditioning Research.17(4):678-85.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.4.0]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.26.41]

15. 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.
16. Bosco, C.,Luhtanen, P.,Komi, PV. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. European journal of applied physiology and occupational physiology.50(2):273-82.
17. Padua, DA.,Marshall, SW.,Boling, MC.,Thigpen, CA.,Garrett Jr, WE.,Beutler, AI. (2009). The Landing Error Scoring System (LESS) is a valid and reliable clinical assessment tool of jump-landing biomechanics: the JUMP-ACL study. The American journal of sports medicine.37(10):1996-2002.
18. Herrington, L.,Munro, A. (2010). Drop jump landing knee valgus angle; normative data in a physically active population. Physical Therapy in Sport.11(2):56-9.
19. Urabe, Y.,Kobayashi, R.,Sumida, S.,Tanaka, K.,Yoshida, N.,Nishiwaki, GA.,Tsutsumi, E.,Ochi, M. (2005). Electromyographic analysis of the knee during jump landing in male and female athletes. The Knee.12(2):129-34.
20. Abdolmaleki, A.,Motamedi, P.,Anbarian, M.,Rajabi, H. (2013). The effect of type and intensity of voluntary contractions on some of vertical jump's electrophysiological variables in track and field athletes. Olympics.4(20):7-17. (Persian(
21. Seitz, LB.,Haff, GG. (2016). Factors modulating post-activation potentiation of jump, sprint, throw, and upper-body ballistic performances: A systematic review with meta-analysis. Sports Medicine.46(2):231-40.
22. Jensen, RL.,Ebben, WP. (2003). Kinetic analysis of complex training rest interval effect on vertical jump performance. Journal of Strength and Conditioning Research.17(2):345-9.
23. McCann, MR.,Flanagan, SP. (2010). The effects of exercise selection and rest interval on postactivation potentiation of vertical jump performance. The Journal of Strength & Conditioning Research.24(5):1285-91.
24. O'Leary, DD.,Hope, K.,Sale, DG. (1998). Influence of gender on post-tetanic potentiation in human dorsiflexors. Canadian journal of physiology and pharmacology.76(7-8):772-9.
25. Rixon, KP.,Lamont, HS.,Bemben, MG. (2007). Influence of type of muscle contraction, gender, and lifting experience on postactivation potentiation performance. Journal of Strength and Conditioning Research.21(2):500.
26. Hewett, TE.,Myer, GD.,Ford, KR.,Heidt Jr, RS.,Colosimo, AJ.,McLean, SG.,Van den Bogert, AJ.,Paterno, MV.,Succop, P. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. The American journal of sports medicine.33(4):492-501.
27. Ortiz, A.,Olson, SL.,Etnyre, B.,Trudelle-Jackson, EE.,Bartlett, W.,Venegas-Rios, HL. (2010). Fatigue effects on knee joint stability during two jump tasks in women. Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association.24(4):1019.
28. O'Connor, KM.,Johnson, C.,Benson, LC. (2015). The effect of isolated hamstrings fatigue on landing and cutting mechanics. Journal of applied biomechanics.31(4):211-20.
29. Liederbach, M.,Kremenic, IJ.,Orishimo, KF.,Pappas, E.,Hagins, M. (2014). Comparison of landing biomechanics between male and female dancers and athletes, part 2: influence of fatigue and implications for anterior cruciate ligament injury. The American journal of sports medicine.42(5):1089-95.
30. Kernozek, TW.,Torry, MR.,Iwasaki, M. (2008). Gender differences in lower extremity landing mechanics caused by neuromuscular fatigue. The American journal of sports medicine.36(3):554-65.
31. Fidai, MS.,Okoroha, KR.,Meldau, J.,Meta, F.,Lizzio, VA.,Borowsky, P.,Redler, LH.,Moutzouros, V.,Makhni, EC. (2020). Fatigue increases dynamic knee valgus in youth

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.4.0]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.26.41]

athletes: Results from a field-based drop-jump test. Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery.36(1):214-22. e2.
32. Jeffreys, I. (2008). A review of post-activation potentiation and its application in strength and conditioning. Professional Strength and Conditioning.12:17-25.
33. Smith, JC.,FRY, AC.,WEISS, LW.,LI, Y.,KINZEY, SJ. (2001). The effects of high-intensity exercise on a 10-second sprint cycle test. The Journal of Strength & Conditioning Research.15(3):344-8.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.4.0]
[DOI: 10.61186/jsmt.21.26.41]