Journal of Anesthesiology and Pain Winter 2026, Vol 17, No 2



Comparison of the Effect of Fatigue Following a Period of Thera-Band Resistance Training and Hopping Training on Knee Kinematics in Men at Risk for Anterior Cruciate Ligament Injury

Zanyar Fallahi[1], Seyed Sadreddin Shojaedin[2*], Hamed Abbasi[3]

1. *M.Sc. Student, Department of Sport Biomechanics and Sports Injury, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran*
2. *Professor, Department of Sport Biomechanics and Sports Injury, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran*
3. *Associate Professor, Department of Sports Medicine, Sport Sciences Research Institute, Tehran, Iran*

ABSTRACT

Aim and background: Neuromuscular fatigue is a risk factor for anterior cruciate ligament (ACL) injury. Therefore, the aim of the present study is to Comparison of the Effect of Fatigue Following a Period of Thera-Band Resistance Training and Hopping Training on Knee Kinematics in Men at Risk for Anterior Cruciate Ligament Injury**.**

Material and Methods: In this quasi-experimental study, 30 men aged 18 to 28 years who met the inclusion criteria were randomly divided into three groups of ten: resistance training, hopping exercises, and a control group. A Motion Analysis Corporation (MAC) Kestrel 8-camera motion analysis system, manufactured in the USA, was used to measure kinematics. The kinematic variables examined included knee valgus, flexion, and rotation at the moments of initial contact and peak flexion. The training groups participated in the exercise programs for 8 weeks. Pre-test and post-test data were analyzed using repeated measures analysis of variance and the Tukey post-hoc test in SPSS software**.**

Results: The results of the statistical analysis indicated that there was a significant difference between the pre-test and post-test values of resisted and Theraband exercises during fatigue, specifically in the improvement of the valgus angle at the moments of initial contact and peak flexion ($p < 0.05$). However, no significant differences were found in the angles of flexion and external rotation**.**

Conclusion: Based on the findings, hopping and Theraband exercises during fatigue can lead to improvements in the valgus angle during landing impact at the end of the jump and at the peak jump phase in individuals at risk of anterior cruciate ligament (ACL) injury. Overall, performing both types of exercises can be effective in preventing ACL injuries**.**

Keywords: Anterior Cruciate Ligament, Knee Kinematics, Resistance Exercises, Hopping Exercise, Theraband

Please cite this paper as:
Fallahi Z, Shojaedin S, Abbasi H [Comparison of the Effect of Fatigue Following a Period of Thera-Band Resistance Training and Hopping Training on Knee Kinematics in Men at Risk for Anterior Cruciate Ligament Injury (Persian)]. J Anesth Pain 2026;17(1):

Corresponding Author: Seyed Sadreddin Shojaedin, Department of Sport Biomechanics and Sports Injury, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran
Email: shojaeddin@khu.ac.ir

[Downloaded from jap.iums.ac.ir on 2026-11-16]

فصلنامه علمی پژوهشی بیهوشی و درد، دوره ۱۷ ، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۵

مقایسه اثر خستگی پس از اجرای یک دوره تمرینات قدرتی تراباند و هاپینگ بر کینماتیک زانوی مردان در معرض آسیب رباط صلیبی متقاطع قدامی

زانیار فلاحی[۱]، سید صدرالدین شجاع الدین[۲]، حامد عباسی[۳]

۱. کارشناسی ارشد، گروه بیومکانیک و آسیب شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، خوارزمی تهران، تهران، ایران
۲. استاد تمام گروه بیومکانیک و آسیب شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، خوارزمی تهران، تهران، ایران
۳. دانشیار، گروه طب ورزشی، پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۱/۲ **تاریخ بازبینی: ...** **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۱/۲۴**

چکیده

زمینـه و هـدف: خسـتگی عصبی-عضلانـی یـک عامـل خطـر بـرای آسـیب رباط صلیبـی قدامـی (ACL) اسـت. بنابرایـن، هـدف از مطالعـه حاضـر مقایسـه اثـر خسـتگی پـس‌از اجـرای یـک دوره تمرینـات قدرتـی تراباتـد و هاپینـگ بـر کینماتیـک زانـوی مـردان درمعـرض آسـیب ربـاط صلیبـی متقاطـع قدامـی می‌باشـد.

مـواد و روش‌هـا: درایـن مطالعـه نیمه‌تجربـی، ۳۰ مـرد ۱۸ تـا ۲۸ سـاله کـه معیارهـای ورود بـه مطالعـه را داشـتند، به‌طـور تصادفـی بـه سـه گـروه ده نفـره تقسـیم شـدند: تمریـن مقاومتـی، تمرینـات هاپینـگ و گـروه کنتـرل. بـرای اندازه‌گیـری کینماتیـک از دسـتگاه موشـن‌آنالایز مـدل کسـتلر ۸ دوربینـه سـاخت آمریـکا اسـتفاده شـد و متغیرهـای کینماتیکـی مـورد بررسـی شـامل والگـوس، فلکشـن و چرخـش زانـو درلحظه‌تمـاس اولیـه و اوج فلکشـن بودنـد. گروه‌هـای تمرینـی به‌مـدت ۸ هفتـه در برنامه‌هـای تمرینـی شـرکت کردنـد. داده‌هـای پیش‌آزمـون و پس‌آزمـون بـا اسـتفاده از تحلیـل واریانـس بـا اندازه‌گیری‌هـای مکـرر و آزمـون تعقیبـی توکـی در نرم‌افـزار SPSS تجزیـه و تحلیـل شـدند.

نتایـج: نتایـج تحلیـل آمـاری نشـان داد کـه بیـن مقادیـر پیش‌آزمـون و پس‌آزمـون تمرینـات قدرتـی و تراباتـد در زمـان خسـتگی، فقـط دربهبـود زاویـه والگـوس در لحظـه برخـورد و اوج فلکشـن تفـاوت معنـاداری وجـود دارد ($p<۰/۰۵$) و در زوایـای فلکشـن و اکسـترنال روتیشـن تفـاوت معنـاداری وجـود نداشـت.

نتیجه‌گیـری: براسـاس یافته‌هـا، تمرینـات هاپینـگ و تراباتـد در زمـان خسـتگی می‌تواننـد باعـث بهبـود زاویـه ولگـوس در حیـن برخـورد بـا زمیـن درانتهـای پـرش و در زمـان اوج پـرش در افـراد در معـرض آسـیب دیدگـی ربـاط صلیبـی قدامـی شـود. درمجمـوع، اجـرای هـردو نـوع تمریـن می‌توانـد در جلوگیـری از آسـیب ACL مؤثـر باشـد.

واژه‌های کلیدی: رباط صلیبی قدامی،کینماتیک زانو، تمرینات مقاومتی، تمرین هاپینگ، تراباند

نویسـنده مسـئول: سـید صدرالدیـن شـجاع الدیـن، اسـتاد تمـام گـروه بیومکانیک و آسـیب شناسـی ورزشـی، دانشـکده تربیت بدنـی و علوم ورزشـی، خوارزمـی تهـران، تهـران، ایران

پست الکترونیک: shojaeddin@khu.ac.ir

[Downloaded from jap.iums.ac.ir on 2026-11-16]

مقدمه

مفصل زانو به‌عنوان بزرگ‌ترین مفصل سینوویال بدن، یکی از آسیب‌پذیرترین مفاصل در فعالیت‌های ورزشی به شمار می‌آید، چرا که وجود عضلات قدرتمند، استخوان‌های بلند و گشتاورهای بالای اعمال‌شده بر این مفصل، احتمال بروز آسیب را افزایش می‌دهد [۱]. در میان انواع آسیب‌های زانو، رباط صلیبی قدامی شایع‌ترین آسیب محسوب می‌شود و نقش کلیدی در تأمین پایداری مفصل و جلوگیری از جابجایی قدامی استخوان تیبیا نسبت به فمور دارد [۲]. مطالعات گزارش کرده‌اند که میزان بروز آسیب ACL در میان فوتبالیست‌ها حدود ۰,۳۰ مورد در هر ۱۰۰۰ ساعت مسابقه است [۳]، و این آسیب علاوه بر تحمیل هزینه‌های بالای درمان، می‌تواند منجر به کاهش یا قطع مشارکت فرد در فعالیت‌های ورزشی و حتی از دست رفتن یک فصل کامل رقابت‌های حرفه‌ای شود. همچنین، آسیب ACL با افزایش خطر بروز عوارض ثانویه نظیر استئوآرتریت (بیش از ۱۰ برابر)، پارگی مینیسک و مشکلات روحی–روانی همراه است [۴]، که اهمیت پیشگیری و مدیریت به‌موقع این آسیب را بیش از پیش برجسته می‌کند. با توجه به نقش حیاتی عضلات در تأمین پایداری مفاصل، خستگی عضلانی می‌تواند به عنوان یکی از عوامل خطر برای آسیب به لیگامان‌ها محسوب شود [۵]. یافته‌های پژوهشی نشان داده‌اند که خستگی می‌تواند متغیرهای بیومکانیکی، کینماتیکی و کینتیکی اندام تحتانی را تحت تأثیر قرار دهد. علاوه بر این، عوامل عصبی-عضلانی نظیر هم‌انقباضی عضلات، فعالیت رفلکسی و عملکرد حس عمقی نیز در اثر خستگی دچار تغییر می‌شوند که می‌تواند به اختلال در پایداری مفصل منجر گردد. در نتیجه، خستگی به عنوان یکی از عوامل اصلی افزایش میزان آسیب‌های اندام تحتانی، به‌ویژه در مفصل زانو مطرح می‌شود [۶]. در ورزش هاس توپی آسیب رباط صلیبی قدامی اغلب به‌دلیل مکانیسم‌های غیرتماسی، از جمله تغییر ناگهانی جهت حرکت، کاهش سرعت یا فرود بر روی یک پا رخ می‌دهد. سابقه‌ی آسیب قبلی ACL همچنان به‌عنوان قوی‌ترین عامل خطر برای بروز مجدد این آسیب شناخته می‌شود [۷]. مطالعات پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی عمدتاً بر شناسایی عوامل مؤثر بر بروز این آسیب، از جمله فاکتورهای عصبی‌عضلانی و بیومکانیکی، تمرکز داشته‌اند. افزایش زاویه والگوس زانو و گشتاور والگوس بالا هنگام فرود از پرش و چرخش داخلی زانو در تماس اولیه هنگام تغییر جهت [۷] به‌عنوان عوامل کلیدی پیش‌بینی‌کننده‌ی خطر آسیب غیرتماسی رباط صلیبی قدامی شناخته شده‌اند [۸]. در مجموع، شواهد حاکی از آن است که الگوهای کنترل حرکتی می‌توانند نقش تعیین‌کننده‌ای در پیش‌بینی احتمال بروز این نوع آسیب داشته باشند. قدرت عضلات اندام تحتانی نقش مهمی در الگوهای بیومکانیکی مرتبط با خطر آسیب رباط صلیبی قدامی دارد. به‌طور خاص، ضعف عضلات ناحیه‌ی لگن در تمام جهات حرکتی با افزایش والگوس دینامیک زانو هنگام فرود تک‌پا مرتبط است، که می‌تواند موجب افزایش تنش وارد بر ACL شود. همچنین، عضلات ابداکتور لگن و همسترینگ در حین تغییر جهت حرکت، با ایجاد گشتاور وارس در زانو و نیروی برشی پسین در مفصل، در کاهش فشار وارد بر رباط صلیبی قدامی نقش مؤثری ایفا می‌کنند[۷]. یکی دیگر از راه های پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی افزایش حس عمقی است که پژوهشگران پیشنهاد کردند برای افزایش حس عمقی از تمرینات هاپینگ استفاده شود [۹]. برتری کدام یک از روش های هاپینگ و مقاومتی نسبت به هم دیگر مسئله ایست که تحقیقات انجام شده راجب این موضوع محدود است. نظر به اینکه حرکات پرش و فرود از اجزای اصلی بسیاری از رشته‌های ورزشی محسوب می‌شوند و ورزشکاران طی تمرینات و مسابقات، این حرکات را به صورت مکرر و در زمان‌های مختلف

[Downloaded from jap.iums.ac.ir on 2026-11-16]

اجرا می‌کنند، بررسی تأثیر خستگی ناشی از فعالیت ورزشی بر کیفیت انجام این تکنیک‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۱۰]. پیشگیری از آسیب اهمیت ویژه‌ای در حوزه ورزش دارد. علاوه بر آن، توجه به عوامل خطر قابل تعدیل، نقش برنامه‌های تمرینی تخصصی را در کنترل و کاهش آسیب رباط صلیبی قدامی برجسته می‌سازد. برنامه‌های پیشگیری از آسیب غیرتماسی رباط صلیبی قدامی عمدتاً با هدف اصلاح یا حذف ریسک‌فاکتورها طراحی می‌شوند و در نهایت، به کاهش بروز این آسیب کمک می‌کنند [۱۱]. با وجود شواهدی محدود در رابطه با پیشگیری انواع تمرینات برای پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی، ساگیماتو و همکاران گزارش کردند که تمرینات عصبی عضلانی باعث بهبود ریسک فاکتور های آسیب رباط صلیبی قدامی می شود [۱۲]، اما بررسی برتری پروتکل تمرینی هاپینگ و مقاومتی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به خلأ پژوهشی موجود، مطالعه حاضر با هدف مقایسه اثر خستگی پس از اجرای یک دوره تمرینات قدرتی تراباتد و هاپینگ بر کینماتیک زانوی مردان در معرض آسیب رباط صلیبی متقاطع قدامی طراحی شد. فرضیه پژوهش حاضر این است که اثرات خستگی بر کینماتیک زانو پس از تمرینات تراباتد و تمرینات هاپینگ متفاوت است و ممکن است یکی از این دو نوع تمرین باعث تغییرات بهتری در کینماتیک افراد در معرض آسیب رباط صلیبی قدامی شود. نتایج پژوهش حاضر به متخصصان برای طراحی پروتکل های پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی کمک می کند.

روش مطالعه

مطالعه حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش آزمون و پس آزمون بود. جامعه آماری دانشجویان دانشگاه خوارزمی واحد کرج بودند و نمونه آماری شامل ۳۰ نفر از همین افراد بودند که معیارهار ورود به مطالعه را دارا بودند. معیارهای ورود به مطالعه شامل مثبت شدن تست تاک، داشتن حداقل دو سال فعالیت ورزشی، نداشتن آسیبی در ناحیه زانو و مچ پا، دامنه سنی بین ۱۸_۲۸ سال، شاخص توده بدنی بین ۲۰ تا ۲۵، فقط ورزشکاران مرد بود و معیار های عدم ورود شامل تمایل نداشتن به ادامه ی مشارکت در پژوهش، شکستگی در ستون فقرات و عمل حراجی در طی ۳ سال گذشته، اختلالات عصبی در ۱۲ ماه گذشته و هرگونه آسیب و ناهنجاری اثرگذار بر روی تحقیق بود. پس از ورود افراد واجد الشریط افراد به صورت هدفمند به سه گروه ۱۰ نفره تمرینات هاپینگ، تمرینات تراباند و کنترل تقسیم شدند. قبل از ارزیابی های پیش و پس آزمون در هر سه گروه ابتدا پروتکل خستگی بر روی افراد اعمال شد و سپس ارزیابی ها صورت گرفت. برای اندازه‌گیری کینماتیک از دستگاه موشن آنالایز مدل کستلر ۸ دوربینه ساخت کشور آمریکا استفاده شد. متغیرهای کینماتیکی مورد بررسی شامل والگوس، فلکشن و چرخش زانو در لحظه‌ی تماس اولیه و همچنین در اوج فلکشن بودند. برای ثبت و تحلیل حرکات، از فرکانس ۲۰۰ هرتز استفاده گردید. به‌منظور مارکرگذاری، دو مارکر روی خار خاصره‌ای قدامی فوقانی (ASIS)، دو مارکر روی خار خاصره‌ای خلفی تحتانی (PSIS)، دو مارکر بر میانه‌ی ران، دو مارکر روی اپی‌کوندیل خارجی زانو، دو مارکر بر قسمت میانی ساق پا، دو مارکر روی قوزک خارجی، دو مارکر بر قسمت خلفی پاشنه و دو مارکر روی انگشت دوم هر پا قرار داده شد. افزون بر این، مارکرهای تکمیلی شامل دو مارکر روی اپی‌کوندیل داخلی زانو، دو مارکر بالای کشکک و دو مارکر روی قوزک داخلی نیز نصب شدند. پس از آن از آزمودنی خواسته شد تا از ارتفاع ۳۰ سانتی متری عمل فرود تک پا روی پای غالب را انجام داده و ۵ ثانیه درموقعیت بماند. این کار ۳ بار انجام شد. داده های فلکشن زانو، چرخش خارجی و والگوس زانو برای تحلیل آماری استخراج شد [۱۳].

[Downloaded from jap.iums.ac.ir on 2026-11-16]

جدول۱: پروتکل تمرینات تراباند و هاپینگ

	تمرینات	هفته ۱	هفته ۲	هفته ۳	هفته ۴	هفته ۵	هفته ۶	هفته ۷	هفته ۸
تراباند	اکستنشن ران در حالت چهار دست و پا	۳*۱۰	۳*۱۰	۳*۱۵	۳*۱۵	۳*۲۰	۳*۲۰	۳*۲۵	۳*۲۵
	چرخش خارجی ران	۳*۱۰	۳*۱۰	۳*۱۵	۳*۱۵	۳*۲۰	۳*۲۰	۳*۲۵	۳*۲۵
	تقویت چهارسرنشسته با کش	۳*۱۰	۳*۱۰	۳*۱۵	۳*۱۵	۳*۲۰	۳*۲۰	۳*۲۵	۳*۲۵
	دور کردن ایستاده با کش	۳*۱۰	۳*۱۰	۳*۱۵	۳*۱۵	۳*۲۰	۳*۲۰	۳*۲۵	۳*۲۵
	چهاردست پا با کش	۳*۱۰	۳*۱۰	۳*۱۵	۳*۱۵	۳*۲۰	۳*۲۰	۳*۲۵	۳*۲۵
	اسکوات با کش تراباند	۳*۱۰	۳*۱۰	۳*۱۵	۳*۱۵	۳*۲۰	۳*۲۰	۳*۲۵	۳*۲۵
	پل با ابداکشن ران	۳*۱۰	۳*۱۰	۳*۱۵	۳*۱۵	۳*۲۰	۳*۲۰	۳*۲۵	۳*۲۵
	اداکشن ران با کش تراباند	۳*۱۰	۳*۱۰	۳*۱۵	۳*۱۵	۳*۲۰	۳*۲۰	۳*۲۵	۳*۲۵
	باکش تراباند ACLپیشگیری از آسیب	۳*۱۰	۳*۱۰	۳*۱۵	۳*۱۵	۳*۲۰	۳*۲۰	۳*۲۵	۳*۲۵
	کرانچ شکم با کش	۳*۱۰	۳*۱۰	۳*۱۵	۳*۱۵	۳*۲۰	۳*۲۰	۳*۲۵	۳*۲۵
هاپینگ	هاپینگ به طرفین با ۲ پا دست ها آزاد	۳*۱۰							
	هاپینگ به جلو عقب با ۲ پا دست ها آزاد	۲*۱۰	۲*۱۰						
	هاپینگ با حرکت به سمت جلو با ۲ پا دست ها آزاد	۲*۱۰	۲*۱۰						
	هاپینگ به طرفین با ۲ پا دست ها روی سینه		۲*۱۵						
	هاپینگ به طرفین با ۱ پا دست ها آزاد		۴*۵						
	هاپینگ به طرفین با ۱ پا دست‌ها روی سینه			۳*۱۰	۳*۱۰				
	هاپینگ به جلو عقب با ۱ پا دست‌ها آزاد			۲*۱۰					
	هاپینگ به جلو عقب با ۱ پا دست‌ها روی سینه				۲*۱۰				
	هاپینگ با حرکت به سمت جلو با ۱ پا دست‌ها آزاد				۳*۱۰	۲*۱۰			
	هاپینگ با حرکت به سمت جلو با ۲ پا دست‌ها روی سینه			۳*۱۰					
	هاپینگ به صورت زیگزاگ با ۲ پا دست‌ها آزاد			۲*۱۰					
	هاپینگ به صورت زیگزاگ با ۱ پا دست‌ها آزاد				۲*۱۰				
	هاپینگ به صورت مربع با ۲ پا دست‌ها آزاد				۲*۱۰				
	هاپینگ به صورت مربع با ۱ پا دست‌ها آزاد					۲*۱۰	۲*۱۰		
	هاپینگ به صورت مربع با ۱ پا دست‌ها روی سینه							۲*۱۰	۲*۱۰
	هاپینگ به جلو با ۱ پا دست‌ها پشت سر					۲*۱۰	۲*۱۰		
	هاپینگ به طرفین با ۱ پا دست‌ها پشت سر					۲*۱۰	۲*۱۰	۳*۱۰	۳*۱۰
	هاپینگ با حرکت به جلو با ۱ پا دست‌ها روی سینه					۲*۱۰	۲*۱۰		
	هاپینگ با حرکت به سمت جلو با ۱ پا دست‌ها پشت سر							۲*۱۰	۲*۱۰
	هاپینگ زیگزاگ با ۱ پا دست‌ها پشت سر							۲*۱۰	۲*۱۰
	هاپینگ به صورت ۸ لاتین با ۲ پا دست‌ها آزاد					۲*۱۰	۲*۱۰		
	هاپینگ به صورت ۸ لاتین با ۱ پا دست‌ها آزاد							۲*۱۰	۲*۱۰

به منظور ایجاد خستگی در افراد از پروتکل اوروشیمو و همکاران استفاده شد. برای ایجاد خستگی عضلانی کنترل‌شده در اندام تحتانی، آزمودنی‌ها ده تکرار اسکات تک‌پا تا زاویه‌ی ۹۰ درجه خم‌شدگی زانو، دو پرش عمودی بیشینه با یک پا و بیست تکرار بالا و پایین رفتن از پله‌ای به ارتفاع ۳۱ سانتی‌متر را انجام دادند. این تمرینات یک ست از پروتکل خستگی را تشکیل داد و پس از هر ست، میزان خستگی بر اساس مقیاس بورگ (۰ تا ۱۰) ثبت شد. در صورت گزارش عدد ۱۰، برای

[Downloaded from jap.iums.ac.ir on 2026-11-16]

اطمینان از رسیدن به خستگی مطلوب، آزمون لی لی تک پا اجرا گردید. در این آزمون، آزمودنی بیشترین مسافت ممکن را با یک پا طی کرده و روی همان پا فرود می‌آمد. ناتوانی در طی حداقل ۸۰ درصد از مسافت پیش‌آزمون به عنوان معیار دستیابی به خستگی مطلوب در نظر گرفته شد. میانگین سه تلاش متوالی به عنوان شاخص کمّی خستگی محاسبه و آزمون در شرایط مشابه پیش‌آزمون تکرار شد تا میزان افت عملکرد ارزیابی شود [۱۴]. پروتکل تمرینی این پژوهش شامل دو نوع برنامه تمرینی هاپینگ و تمرینات مقاومتی با کش تراباند بود که به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته و هر جلسه ۶۰ دقیقه اجرا شد (جدول ۱). گروه کنترل نیز کارهای روزمره خود را انجام دادند و پروتکلی بر آن ها اعمال نشد. در بخش تمرینات هاپینگ، شرکت‌کنندگان حرکات متنوعی شامل هاپینگ به سمت جلو، جانبی، جلو–عقب، مربعی، زیگزاگی و مسیر عدد هشت لاتین را انجام دادند. شدت تمرینات به‌صورت تدریجی افزایش یافت و در هر هفته با افزودن حرکات جدید و افزایش پیچیدگی، فشار تمرینی بیشتر شد. شدت تمرین به ترتیب افزایش ۱۰ درصدی از سطح سبک در هفته ابتدایی (شدت ۷۰) تا سطح بسیار ستگین در هفته اخر (شدت ۱۳۰) صورت گرفت. هدف از اجرای این تمرینات، بهبود قدرت عضلانی، تعادل، هماهنگی عصبی–عضلانی و ثبات عملکردی اندام تحتانی بود [۱۵،۱۶]. در بخش تمرینات مقاومتی با کش تراباند، شرکت‌کنندگان پس از ده دقیقه گرم‌کردن، به مدت چهل دقیقه تمرینات تقویتی عضلات اندام تحتانی و مرکزی را در وضعیت‌های ایستاده، نشسته و خوابیده انجام دادند و در پایان، ده دقیقه حرکات سرد کردن اجرا شد. شدت تمرینات به‌صورت پیشرونده از حرکات ساده و سبک به سمت حرکات پیچیده‌تر و سنگین‌تر تنظیم گردید. این تمرینات بر اساس پروتکل آکادمی انجمن عملکرد سلامت تراباند و با الگوبرداری از مطالعه انصاری و همکاران طراحی شدند [۱۷،۱۸]. هدف اصلی از اجرای این تمرینات، افزایش قدرت و توان انفجاری عضلات از طریق درگیری بیشتر تارهای عضلانی و بهره‌گیری از ویژگی‌های کشسانی عضلات بود.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۷ استفاده شد. در ابتدا، به منظور بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیروویلک استفاده گردید. سپس برای بررسی همگنی واریانس‌ها بین گروه‌ها، از آزمون لون استفاده شد. به منظور مقایسه تغییرات متغیرهای وابسته بین گروه‌های پژوهش، از آزمون تحلیل واریانس با اندازه های تکراری استفاده شد. در صورت مشاهده تفاوت معنادار بین گروه‌ها، برای تعیین محل دقیق اختلاف از آزمون تعقیبی توکی استفاده گردید. سطح معنی‌داری در تمامی آزمون‌ها $P<۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

جدول۲: اطلاعات دموگرافیک و میاتگین و انحراف استاندار افراد شرکت کننده

متغیر	گروه کنترل (N=۱۰)	گروه هاپینگ (N=۱۰)	گروه تراباند (N=۱۰)
قد	۵,۴۴±۱۷۴,۱۰	۴,۷۵±۱۷۶,۸۰	۴,۲۴±۱۷۸,۷۰
سن	۲۳,۱ ۲,۳۸±	±۲۲,۹ ۲,۴۹	۲۱,۵ ۲,۲۲±
وزن	۴,۸۳±۷۲,۰۰	۵,۷۸±۷۴,۲۰	۳,۷۱±۷۴,۷۰
BMI	۲,۲۵±۲۳,۸۱	۱,۰۴±۲۳,۷۱	۱,۴۵±۲۳,۴۲

[Downloaded from jap.iums.ac.ir on 2026-11-16]

یافته ها

اطلاعات دموگرافیک شرکت کنندگان در جدول شماره ۲ گزارش شده است. گروه تراباند نسبت به دیگر گروه ها قد بلندتری داشتند و وزن بیشتری داشتند.

نتایج آزمون میکس آنوا نشان می دهد که تمرینات هاپینگ و تراباند توانستند باعث تفاوت معنی داری در پس آزمون نسبت به پیش آزمون در زاویه ولگوس در لحطه برخورد و در اوج فلکشن شود ($F = 10.52, P = 0.001, \eta^2 = 0.43$), ($F = 4.59, P = 0.019, \eta^2 = 0.25$). نتایج آزمون آماری نشان داد که در متغیر های فلکشن و چرخش خارجی در لحظه برخورد و اوج فلکشن تفاوت معنی داری در پس آزمون نسبت به پیش آزمون وجود نداشت ($P > 0.05$). آزمون توکی نشان داد که در متغیر ولگوس در لحظه برخورد در اوج فلکشن تفاوت بین گروه ها وجود نداشت (جدول ۳) و این نشان داد تفاوت از لحاظ آماری به اون مقدار نبود که تفاوت نشان دهد. نتایج آزمون درون گروهی (جدول ۴) نشان داد که در متغیر والگوس در لحظه برخورد و اوج فلکشن در هر دو گروه هاپینگ و تراباند در پس آزمون نسبت به پیش آزمون تفاوت معنی داری داشت و گروه تراباند بهبودی بیشتری با اندازه اثر بالاتر را نشان داد و در گروه چرخش خارجی گروه تراباند نیز در پس آزمون نسبت به پیش آزمون تفاوت معنی داری نشان داد.

جدول ۳: میانگین و انحراف معیار، مقایسه بین‌گروهی

متغیر	پیش آزمون	پس آزمون	اثرات تعاملی	F	SIG	اندازه اثر
فلکشن برخورد	7/74±3/91	7/81 ± 3/37	زمان	0/01	0/90	0/01
			گروه	0/48	0/61	0/03
			زمان* گروه	0/38	0/68	0/02
فلکشن	43/42 ± 5/54	43/60 ± 7/35	زمان	0/04	0/84	0/001
			گروه	0/54	0/58	0/03
			زمان* گروه	0/13	0/87	0/01
والگوس برخورد	2/77±0/88	2/01 ± 0/93	زمان	18/28	0/001	0/40
			گروه	1/26	0/29	0/08
			زمان* گروه	10/52	0/001	0/43
والگوس	4/45 ± 1/00	2/86 ± 0/82	زمان	63/34	0/001	0/70
			گروه	0/71	0/49	0/05
			زمان* گروه	4/59	0/019	0/25
روتیشن برخورد	3/65 ± 1/94	3/20 ± 1/85	زمان	7/29	0/01	0/21
			گروه	3/62	0/04	0/21
			زمان* گروه	0/70	0/50	0/04
روتیشن	6/94 ± 2/51	6/33 ± 2/53	زمان	1/53	0/22	0/05
			گروه	4/70	0/01	0/25
			زمان* گروه	1/09	0/34	0/07

[Downloaded from jap.iums.ac.ir on 2026-11-16]

جدول ۴: میانگین و انحراف معیار، مقایسه‌های درون‌گروهی

متغیر	گروه	پیش آزمون	پس آزمون	T	SIG	اندازه اثر
فلکشن برخورد	کنترل	6/96 ± 3/33	7/33 ± 2/55	0/59	0/56	0/18
	هاپینگ	8/92 ± 3/96	8/28 ± 2/13	0/64	0/53	0/20
	تراباند	7/34 ± 4/50	7/82 ± 5/01	0/37	0/71	0/12
فلکشن	کنترل	43/88 ± 5/82	44/57 ± 4/00	0/55	0/59	0/17
	هاپینگ	44/66 ± 5/86	44/23 ± 10/23	۲۵/۰	0/80	0/08
	تراباند	41/72 ± 5/04	42/00 ± 7/02	0/17	0/86	0/05
والگوس برخورد	کنترل	2/44 ± 0/68	2/72 ± 0/78	1/24	0/24	0/39
	هاپینگ	3/31 ± 1/06	1/60 ± 0/67	3/85	0/004	1/21
	تراباند	2/55 ± 0/63	1/70 ± 0/94	4/48	0/002	1/41
والگوس	کنترل	4/24 ± 0/97	3/50 ± 0/76	2/03	0/07	0/64
	هاپینگ	4/55 ± 0/94	2/53 ± 0/60	5/44	0/001	1/72
	تراباند	4/56 ± 1/15	2/55 ± 0/73	6/69	0/001	2/1
روتیشن برخورد	کنترل	2/45 ± 1/24	2/27 ± 1/34	1/05	0/32	0/33
	هاپینگ	4/73 ± 2/23	4/08 ± 2/24	1/43	0/18	0/45
	تراباند	3/77 ± 1/6	3/23 ± 1/56	3/90	0/004	1/23
روتیشن	کنترل	6/17 ± 0/57	6/17 ± 2/46	0/01	0/99	0/003
	هاپینگ	6/44 ± 2/42	4/80 ± 2/10	2/21	0/05	0/70
	تراباند	8/20 ± 2/90	8/01 ± 2/10	0/16	0/87	0/05

بحث

هدف ار پژوهش حاضر مقایسه اثر خستگی پس از اجرای یک دوره تمرینات قدرتی تراباتد و هاپینگ بر کینماتیک زانوی مردان در معرض آسیب رباط صلیبی متقاطع قدامی بود و نتایج نشان داد که تمرینات قدرتی و تراباند در زمان خستگی فقط در بهبود زاویه والگوس در لحظه برخورد و اوج فلکشن در افراد در معرض آسیب رباط صلیبی متقاطع قدامی تاثیر گذار است و در زوایای فلکشن و اکسترنال روتیشن تفاوت معناداری نداشت. کاهش معنادار زاویه والگوس زانو هنگام برخورد پا به زمین در افرادی که تمرینات هاپینگ و قدرتی را انجام دادند، احتمالاً ناشی از بهبود کنترل عصبی-عضلانی و افزایش پایداری مفصل زانو است [۱۹]. از طرفی بهبود کارایی عضلات هسته مرکزی (کور) برای پایدارسازی تنه در صفحات مختلف می‌تواند در کاهش خطر آسیب غیرتماسی ACL در ورزشکاران مؤثر باشد [۲۰]. بنابراین به نظر می‌رسد عضلات کور ضعیف باعث اختلال در انتقال انرژی و ایجاد الگوهای حرکتی غیرطبیعی می‌شوند که احتمال آسیب را افزایش می‌دهد [۲۱]. بر اساس یک مطالعه، هرچه کور قوی‌تر شود، زاویه والگوس زانو در لحظه تماس اولیه در تکلیف برش کمتر می‌شود [۲۲]. خستگی باعث ایجاد الگوهای حرکتی پرخطر (والگوس، چرخش داخلی لگن، فرود با زانوی صاف‌تر) می‌شود و زمانی که با حرکت غیرمنتظره ترکیب شود، خطر آسیب غیرتماسی ACL به‌طور چشمگیری افزایش پیدا می‌کند.

[Downloaded from jap.iums.ac.ir on 2026-11-16]

مطالعات نشان دادند که تغییرات بیومکانیکی که ریسک آسیب ACL را افزایش می دهند حتی در سطوح خستگی پایین نیز اتفاق می‌افتند و با پیشرفت خستگی بیشتر تغییر نمی‌کنند. این مسله نشان دهنده این است که آسیب دیدگی در زمان های ابتدای خستگی نیز ممکن است اتفاق بیافتد [۲۳]. تمرینات هاپینگ با تقویت حس عمقی و تعادل پویا، و تمرینات قدرتی با تقویت عضلات اطراف زانوبه‌ویژه عضلات گلوتئال و چهارسر ران که نقش مهمی در کنترل حرکات صفحه فرونتال دارند، باعث بهبود راستای مفصل زانو و کاهش والگوس در زمان فرود می‌شوند. از سوی دیگر، عدم مشاهده تغییرات معنادار در زوایای فلکشن و چرخش خارجی نشان می‌دهد که اثر این تمرینات بیشتر بر پایداری صفحه فرونتال بوده و بر حرکات در صفحات ساجیتال و عرضی تأثیر قابل‌توجهی نداشته است [۲۴]. هارمن و همکاران نیز اثر تمرینات قدرتی را بر پیشگیری از زاویه والگوس دختران در حین پرش تایید کردند. این پژوهشگران گزارش کردند که تمرینات قدرتی می تواند در تست LESS باعث بهبود زاویه والگوس در دختران شود و ریسک آسیب ACL را کاهش دهند [۲۵]. مک کاردی و همکاران (۲۰۱۲) بر خلاف نتایج ما گزارش کردند تمرینات مقاومتی فقط از طریق فلکشن زانو می تواند باعث پیشگیری از آسیب ACL شود [۲۶]. در مطالعه ای دیگر ساکی و همکاران (۲۰۲۳) نیز تاثیر تمرینات مقاومتی را بر زاویه والگوس بر افراد با بازسازی ACL نشان دادند و گزارش کردند که این تمرینات باعث کاهش ولگوس و بهبود کینماتیک در افراد با بازسازی ACL می شود [۲۷]. روسو و همکاران (۲۰۲۴) نیز تمرینات مقاومتی رو به برنامه گرم کردن در پیشگیری از آسیب ACL اضافه کردند و نتیجه گرفتند که اضافه کردن این تمرینات باعث تغییرات در زاویه چرخش لگن می شود ولی بر زاویه ولگوس و فلکشن زانو تاثیری ندارد [۲۸].

نتایج جدید پژوهش ما نشان داد که اثر خستگی در تمرینات تراباند و هاپینگ بر والگوس زانوی مردان در معرض آسیب رباط صلیبی متقاطع قدامی تاثیر دارد و باعث بهبود آن می شود ولی بر فلکشن و اکسترنال روتیشن تاثیر ندارد. پژوهش حاضر نیز محدودیت هایی از جمله تعداد جامعه آماری و جنسیت مرد ارزیابی شده رو به رو بود و تعمیم پذیری این نتایج بدست آمده را به زنان در معرض آسیب دیدگی را دچار ابهام می کند. همچنین تایم محدود تمرینات که با اثردهی تمرینات رابطه مستقیم دارد، کنترل فعالیت روزانه و کنترل اثر ماندگاری این تمرینات از دیگر محدودیت های این پژوهش بود. پیشنهاد می شود پژوهشگران در تحقیق های اینده فعالیت عضلانی این تمرینات در حین خستگی و ارزیابی دیگر ریسک فاکتورهای پیشبینی کننده آسیب ACL را مد نظر قرار دهند.

نتیجه گیری

نتایج نشان داد که تمرینات هاپینگ و تراباند در زمان خستگی می توانند باعث بهبود زاویه ولگوس در حین برخورد با زمین در انتهای پرش و در زمان اوج پرش در افراد در معرض آسیب دیدگی رباط صلیبی قدامی شود. همچنین تمرینات تراباند به تنهایی می تواند باعث بهبود چرخش خارجی زانو در حین برخورد با زمین شود. پیشنهاد می شود متخصصان درمانی برای بهبود ریسک فکتورهای آسیب ACL از این تمرینات در کلینیک های خود استفاده کنند.

ملاحظات اخلاقی

مطالعه حاضر دارای کد اخلاق به شماره (IR.KHU.REC.1403.154) از سامانه ملی اخلاق در پژوهش های زیست پزشکی می باشد.

[Downloaded from jap.iums.ac.ir on 2026-11-16]

منابع مالی

پژوهش حاضر فاقد حمایت مالی می‌باشد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله نویسندگان از معاونت پژوهشی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه خوارزمی و کلیه افرادی که در اجرای این طرح تحقیقاتی همکاری نمودند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آورند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام کردند که این مقاله هیچگونه تعارض منافعی ندارد.

References

1-Griffin LY, Albohm MJ, Arendt EA, Bahr R, Beynnon BD, DeMaio M, Dick RW, Engebretsen L, Garrett WE, Hannafin JA, Hewett TE. Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: a review of the Hunt Valley II meeting, January 2005. The American journal of sports medicine. 2006 Sep;34(9):1512-32.

2- Nasseri A, Khataee H, Bryant AL, Lloyd DG, Saxby DJ. Modelling the loading mechanics of anterior cruciate ligament. Computer Methods and Programs in Biomedicine. 2020;184:105098.

3- Nasseri A, Khataee H, Bryant AL, Lloyd DG, Saxby DJ. Modelling the loading mechanics of anterior cruciate ligament. Computer Methods and Programs in Biomedicine. 2020 Feb 1;184:105098.

4- Grassi A, Macchiarola L, Filippini M, Lucidi GA, Della Villa F, Zaffagnini S. Epidemiology of anterior cruciate ligament injury in Italian first division soccer players. Sports health. 2020 May;12(3):279-88.

5- Mair SD, Seaber AV, Glisson RR, Garrett Jr WE. The role of fatigue in susceptibility to acute muscle strain injury. The American journal of sports medicine. 1996;24(2):137-43.

6- Razi M, Sadeghi H, Takamejani EET, Shariatzade M. Effect of lower limb muscle fatigue on knee joint control strategies during landing in young men. Sci J Rehabil Med. 2018;7(2):1-10.

7- Collings, T. J., Diamond, L. E., Barrett, R. S., Timmins, R. G., Hickey, J. T., Du Moulin, W. S., ... & Bourne, M. N. (2022). Strength and biomechanical risk factors for non-contact ACL injury in elite female footballers: a prospective study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*.

8- Zebis, M. K., Andersen, L. L., Brandt, M., Myklebust, G., Bencke, J., Lauridsen, H. B., ... & Aagaard, P. (2016). Effects of evidence-based prevention training on neuromuscular and biomechanical risk factors for ACL injury in adolescent female athletes: a randomised controlled trial. *British journal of sports medicine*, *50*(9), 552-557.

9- Karimizadeh A, Alizadeh M, Ebrahimi Takamjani I. The effect of six weeks of hopping exercises on dynamic balance in athletes with functional ankle instability. Sport Motor Science Reserach. 2012;2(4):540-52.

10- Geiser C, O'Connor KM, Earl JE. Effects of isolated hip abductor fatigue on frontal plane knee mechanics. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2010.

11- Gheidi N, Sadeghi H, Talebian Moghadam S, Tabatabaei Ghoshe F, Walter Kernozek T. Kinematics and kinetics predictor of proximal tibia anterior shear force during single leg drop

[Downloaded from jap.iums.ac.ir on 2026-11-16]

landing. Physical Treatments-Specific Physical Therapy Journal. 2014;4(2):102-8.

12- Sugimoto, D., Myer, G. D., Foss, K. D. B., & Hewett, T. E. (2015). Specific exercise effects of preventive neuromuscular training intervention on anterior cruciate ligament injury risk reduction in young females: meta-analysis and subgroup analysis. *British journal of sports medicine*, *49*(5), 282-289.

13- Shibata S, Takemura M, Miyakawa S. Kinematics, kinetics and muscle activity analysis during single-leg drop-jump landing followed by an unanticipated task: focusing on differences in neurocognitive function. International Journal of Sports Physical Therapy. 2023;18(5):1085.

14- Orishimo KF, Kremenic IJ. Effect of fatigue on single-leg hop landing biomechanics. Journal of applied biomechanics. 2006;22(4):245-54.

15- Kordi Ashkezari MH, Sahebozamani M, Daneshjoo A, Abbasi Bafghi H. Comparison of the effect of 6 weeks of balancing and hopping strengthening training on the kinematics of the lower extremities of athletes with functional ankle instability while running: A randomized controlled trial. J Shahid Sadoughi Univ Med Sci. 2020;28(7):2854-2866.

16- Mohammadi Nia Samakosh H, Brito JP, Shojaedin SS, Hadadnezhad M, Oliveira R, editors. What Does Provide Better Effects on Balance, Strength, and Lower Extremity Muscle Function in Professional Male Soccer Players with Chronic Ankle Instability? Hopping or a Balance Plus Strength Intervention? A Randomized Control Study. Healthcare; 2022: MDPI.

17- Saberi Zade Ansari M, Fatahi H. Effect of 8 Weeks of theraband training on ACL injury risk factors in single-leg drop and double leg landing. Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation. 2022;11(1):68-81.

18- Khodabakhshi M, Ebrahimi Atri A, Hashemi Javaheri SAA, Ashoori H, Farokhroo N, Khodabandehloo V. The effect of 6 weeks of strength exercise with Traband on some variables of anaerobic power in young basketball players. Res Sport Med Technol. 2015;13(10):47-57.

۲015;10(5):47-57.

19- Cannon R, Cafarelli E. Neuromuscular adaptations to training. Journal of applied physiology. 1987;63(6):2396-402.

20- Bien DP. Rationale and implementation of anterior cruciate ligament injury prevention warm-up programs in female athletes. J. Strength Cond. Res. 2011;25(1):271–285. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181fb4a5a.

21- Behm DG, et al. The use of instability to train the core musculature. Appl. Physiol. Nutr. Metab. 2010;35(1):91–108. doi: 10.1139/H09-127.

22- Jeong J, Choi D-H, Shin CS. Core strength training can alter neuromuscular and biomechanical risk factors for anterior cruciate ligament injury. Am. J. Sports Med. 2020;49(1):183–192. doi: 10.1177/0363546520972990.

23- McLean, S. G., & Samorezov, J. E. (2009). Fatigue-induced ACL injury risk stems from a degradation in central control. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *41*(8), 1661-1672.

24- Jones TW, Howatson G, Russell M, French DN. Performance and neuromuscular adaptations following differing ratios of concurrent strength and endurance training. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2013;27(12):3342-51.

25- Herman DC, Pritchard KA, Cosby NL, Selkow NM. Effect of Strength Training on Jump-Landing Biomechanics in Adolescent Females. Sports Health. 2022 Jan-Feb;14(1):69-76. doi:

[Downloaded from jap.iums.ac.ir on 2026-11-16]

10.1177/19417381211056089. Epub 2021 Nov 9. PMID: 34751052; PMCID: PMC8669936.
26- McCurdy K, Walker J, Saxe J, Woods J. The effect of short-term resistance training on hip and knee kinematics during vertical drop jumps. J Strength Cond Res. 2012 May;26(5):1257-64. doi: 10.1519/JSC.0b013e31824f2386. PMID: 22344064.
27- Saki F, Shafiee H, Tahayori B, Ramezani F. The effects of core stabilization exercises on the neuromuscular function of athletes with ACL reconstruction. Sci Rep. 2023 Feb 7;13(1):2202. doi: 10.1038/s41598-023-29126-6. PMID: 36750662; PMCID: PMC9905573.
28- Rauseo ML, Feairheller DL, LaRoche DP, Cook SB. Acute Effect of Dynamic and Gluteal Resistance Exercise Warm-up Protocols on Jump Landing Mechanics in College-Aged Females. J Strength Cond Res. 2024 Feb 1;38(2):259-265. doi: 10.1519/JSC.0000000000004618. Epub 2023 Oct 6. PMID: 37815265.

[Downloaded from jap.iums.ac.ir on 2026-11-16]