

## تأثیر تمرینات پیشگیری از آسیب با رویکرد سیستم‌های گلوبال بر کینماتیک و کینماتیک تنه و اندام تحتانی حین فرود در افراد فعال مستعد آسیب رباط صلیبی قدامی: مطالعه نیمه تجربی

بهرام شیخی<sup>۱</sup>، امیر لطافت‌کار<sup>۱</sup>، ملیحه حدادنژاد<sup>۲</sup>

### مقاله پژوهشی

### چکیده

**مقدمه:** تمرینات پیشگیری از آسیب با استفاده از رویکرد سیستم‌های گلوبال، به منظور کاهش عوامل خطر بیومکانیکی آسیب‌های رباط صلیبی قدامی (ACL یا Anterior cruciate ligament) در هنگام فرود پیشنهاد شده است. پژوهش حاضر با هدف مقایسه برنامه سنتی پیشگیری از آسیب و تمرینات پیشگیری از آسیب با استفاده از رویکرد سیستم‌های گلوبال بر روی کینماتیک و کینماتیک تنه و اندام تحتانی طی یک تکلیف فرود متقاطع تک پا در ورزشکاران مستعد آسیب ACL انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه، ۳۹ ورزشکار زن و مرد (گروه شاهد = ۱۹ نفر و گروه تمرینات پیشگیری از آسیب با استفاده از رویکرد سیستم‌های گلوبال = ۲۰ نفر) شرکت کردند. حداکثر زوایای ابداءکشن زانو، فلکشن زانو، فلکشن ران، لترال فلکشن تنه، حداکثر گشتاور ابداءکشن زانو و حداکثر نیروی واکنش عمودی حین یک تکلیف فرود متقاطع تک پا برای همه آزمودنی‌ها، ابتدا و شش هفته پس از تمرینات پیشگیری از آسیب ارزیابی گردید. از آزمون Repeated measures ANOVA جهت بررسی تفاوت‌های بین گروهی داده‌های بیومکانیکی استفاده شد.

**یافته‌ها:** اثر متقابل گروه × زمان برای لترال فلکشن تنه ( $P = 0/036$ )، ابداءکشن زانو ( $P = 0/006$ )، حداکثر گشتاور ابداءکشن زانو ( $P < 0/001$ ) و حداکثر نیروی واکنش عمودی ( $P = 0/007$ ) در گروه تمرینات پیشگیری از آسیب با رویکرد سیستم‌های گلوبال نسبت به گروه شاهد پس از شش هفته وجود داشت. اثرات اصلی زمان برای حداکثر زوایای ابداءکشن زانو، فلکشن زانو، فلکشن ران، لترال فلکشن تنه، حداکثر گشتاور ابداءکشن زانو و حداکثر نیروی واکنش عمودی پس از تمرین مشاهده گردید ( $P < 0/001$ ). هیچ اثر متقابل زمان × گروه برای فلکشن زانو ( $P = 0/103$ ) و فلکشن ران ( $P = 0/734$ ) یافت نشد.

**نتیجه‌گیری:** رویکرد سیستم‌های گلوبال در مقایسه با تمرینات متمرکز بر ران، باعث بهبود عوامل خطر بیومکانیکی آسیب‌های ACL در حین فرود متقاطع تک پا شد.

**کلید واژه‌ها:** رباط صلیبی قدامی؛ تمرینات پیشگیری از آسیب؛ بیومکانیک فرود؛ نیروی واکنش زمین؛ فرود متقاطع تک پا

**ارجاع:** شیخی بهرام، لطافت‌کار امیر، حدادنژاد ملیحه. تأثیر تمرینات پیشگیری از آسیب با رویکرد سیستم‌های گلوبال بر کینماتیک و کینماتیک تنه و اندام تحتانی حین فرود در افراد فعال مستعد آسیب رباط صلیبی قدامی: مطالعه نیمه تجربی. پژوهش در علوم توانبخشی ۱۴۰۰؛ ۱۷: ۳۶-۲۸.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱/۳۱

تاریخ چاپ: ۱۴۰۰/۲/۱۵

دیدگاه پیشگیری از آسیب، تعدیل عوامل بیومکانیکی و عصبی-عضلانی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند (۴-۶).

الگوهای بدراستایی داینامیک شامل افزایش حرکت یک‌طرفه تنه، افت لگن، چرخش داخلی و اداکشن ران، کلاپس والگوس، چرخش داخلی یا خارجی تیبیا و پرونیشن بیش از حد پا، علاوه بر کاهش فلکشن ران و زانو، باعث افزایش بارگذاری زانو و افزایش خطر آسیب غیر برخوردار می‌شوند. الگوهای بدراستایی داینامیک چند سگمنتی به ویژه در تنه، ممکن است در نتیجه عدم حمایت کنترل یک‌طرفه پا باشد (۴، ۵). پرش و فرودهای تکراری باعث ایجاد نیروهای عکس‌العمل زمین ناگهانی می‌شود که به گشتاورهای

### مقدمه

آسیب‌های اسکلتی-عضلانی اندام تحتانی، یکی از شایع‌ترین آسیب‌های ورزشی در ورزش‌های دارای حرکات پرش فرود به شمار می‌رود. میزان وقوع آسیب‌های اندام تحتانی حدود ۵۲ درصد از تمام آسیب‌های ورزشی در انجمن ملی ورزش دانشگاهی گزارش شده است که ۳۶/۸ درصد آن‌ها آسیب‌های غیر برخوردار و قابل پیشگیری است (۱، ۲). با توجه به اتلاف زمان، هزینه‌های مالی، تأثیرات مضر بر اجرا و سلامت عمومی ورزشکاران، پیشگیری از آسیب‌های غیر برخوردار در اولویت قرار دارد (۲). مکانیزم‌های اصلی آسیب‌های اندام تحتانی، ماهیت چند عاملی (عوامل درونی و بیرونی) دارند (۳) که بر اساس

۱- دانشجوی دکتری تخصصی، گروه آسیب‌شناسی و بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۲- دانشیار گروه آسیب‌شناسی و بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

نویسنده مسؤول: بهرام شیخی؛ دانشجوی دکتری تخصصی، گروه آسیب‌شناسی و بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران  
Email: sheikhibahram@gmail.com

باعث افزایش تنش در کل سیستم اسکلتی-عضلانی می‌شود و در نهایت، دامنه حرکت انتهایی مفصل ران را محدود می‌کند (۲۰، ۱۹، ۱۵). این یافته‌ها حاکی از آن است که کنترل «پروگزیمال» باید حرکات تنه و ران را با هم ترکیب کند و یک برنامه ترکیبی شامل هم تقویت ران و هم کنترل پروگزیمال تنه را ارائه دهد (۲۱، ۱۵).

تمرینات با رویکرد سیستم‌های گلوبال، برای مشخص کردن اصول اساسی متغیرهای تمرینی است که در حال حاضر در برنامه‌های معروف پیشگیری از آسیب ACL وجود ندارد. این اصول شامل ۱. آرتروکینماتیک مفصل ران باید مورد توجه قرار گیرد. ۲. استفاده از تنه به عنوان اهرم مقاومت، ۳. ترکیب یک مرحله پرواز برای نیروهای واکنش زمین برگشتی می‌باشد (۱۵، ۱۳). پیشنهاد بالینی ارائه شده در این تفسیر، چارچوبی برای بهبود توان بخشی زانو و کاهش میزان آسیب ACL و میزان آسیب‌دیدگی مجدد است (۱۵، ۱۳). طبق یافته‌های پژوهش‌های پیشین، اگرچه شواهدی از اثربخشی بالینی تمرینات متمرکز ران وجود دارد، اما این شواهد در تمام نتایج سازگار نیست. از طرف دیگر، با توجه به مطرح کردن تمرینات با رویکرد سیستم‌های گلوبال، به نظر می‌رسد جهت مشخص کردن تأثیر تمرینات این رویکرد بر روی کینماتیک تنه و اندام تحتانی و کینتیک طی پرش فرود در ورزشکاران مستعد آسیب ACL، انجام مطالعاتی نیاز است. بنابراین، هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی تأثیر تمرینات پیشگیری از آسیب با رویکرد سیستم‌های گلوبال بر کینتیک و کینماتیک تنه و اندام تحتانی حین فرود در افراد فعال مستعد آسیب ACL بود. این فرضیه وجود دارد که تمرینات پیشگیری از آسیب با رویکرد سیستم‌های گلوبال، می‌تواند اثرات بهتری بر نتایج بیومکانیکی مربوط به پیشگیری از آسیب ACL در مقایسه با تمرینات متمرکز بر ران داشته باشد.

### مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع نیمه‌تجربی بود و ۴۲ آزمودنی فعال در رشته‌های دارای پرش فرود (هنرهای نمایشی و والیبال) داوطلب شرکت در تحقیق شدند. برای تعیین حداقل تعداد نمونه، از نرم‌افزار برآورد حجم نمونه (G\*Power نسخه ۳،۱،۹،۲) با توان آزمونی ۰/۸۰، اندازه اثر ۰/۲۵ و سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده گردید. آزمودنی‌ها به صورت هدفمند (والگوس زانوی بیشتر از ۱۰ درجه در تست فرود تک پا) انتخاب شدند. سپس افراد به طور تصادفی و با استفاده از روش تصادفی‌سازی (۲۲، ۲۳)، در گروه تمرینات پیشگیری از آسیب با استفاده از رویکرد سیستم‌های گلوبال (۲۱ نفر) و گروه شاهد (تمرینات متمرکز ران) (۲۱ نفر) تقسیم شدند.

قبل از جمع‌آوری داده‌ها، مطالعه با کد IR.KHU.REC.1400.008 توسط کمیته تخصصی اخلاق در پژوهش‌های زیست پزشکی دانشگاه خوارزمی تأیید شد. اهداف و روش تحقیق به آزمودنی‌ها توضیح داده شد. همه آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه آگاهانه را مطابق با آخرین بازبینی معاهده Helsinki امضا نمودند و مشارکت داوطلبانه خود را در این مطالعه اعلام کردند.

معیارهای ورود شامل زنان و مردان فعال دارای والگوس داینامیک (زاویه والگوس زانوی بیشتر از ۱۰ درجه) حین فرود تک پا، حداقل سه سال سابقه فعالیت بدنی در رشته‌های دارای پرش فرود، شاخص توده بدنی (BMI یا Body mass index) نرمال (بین ۱۸ تا ۲۵ کیلوگرم بر مترمربع) و عدم وجود هرگونه آسیب در تنه و اندام تحتانی طی یک سال گذشته بود (۲۴). اختلالات عصبی، اختلال در سیستم وستیبولار، سابقه جراحی و شکستگی ستون

اکسترنال بزرگ در زانو تبدیل می‌گردد و می‌تواند باعث آسیب لیگامان صلیبی قدامی (Anterior cruciate ligament یا ACL) شود (۸، ۷). از طرف دیگر، تحقیقات با استفاده از آنالیز حرکتی سه بعدی، تعدادی از عوامل بیومکانیکی حین پرش و فرود مانند ایداکشن زانو (۷)، زاویه والگوس زانو، فلکشن زانو، فلکشن و اینترنال روتیشن ران، گشتاور والگوس زانو (طی یک تکلیف پرش) (۱۰، ۹) و جابه‌جایی زیاد مدیال زانو (حین فرود) (۱۱) را از جمله عوامل خطر آسیب ACL گزارش کرده‌اند.

داینامیک‌های صفحه فرونتال در ران و زانو هنگام فرود، پیش‌بینی‌های دقیق‌تری از حداکثر نیروهای فرود و آسیب ACL نسبت به اندازه‌گیری‌های ساجیتال مانند فلکشن دارند. به طور خاص، بارگذاری والگوس زانو، با افزایش استرین ACL مرتبط می‌باشد و به عنوان یک مکانیزم بیومکانیکی اولیه آسیب غیر برخورداری ACL در نظر گرفته می‌شود (۷). اگرچه ارتباط مستقیم با بروز آسیب ACL وجود ندارد، اما ایداکشن ران به عنوان پیش‌بینی‌کننده قابل توجهی در مورد ایداکشن زانو و یک عامل خطر درونی توصیف می‌شود (۷). همچنین، مشخص شده است که زنان حداکثر ایداکشن ران و ایداکشن زانوی بیشتری نسبت به مردان طی فرود دارند (۱۲، ۷). وجود این عوامل خطر در حین اجرای تکالیف پرش فرود را می‌توان به ضعف در میزان کنترل عصبی-عضلانی و کاهش هماهنگی عضلانی یک ورزشکار در تمام حرکات فرود نسبت داد (۱۲، ۷). بنابراین، پروتکل‌های تمرینی طراحی شده برای بهبود کنترل عصبی-عضلانی و هدف قرار دادن نقص‌هایی که باعث آسیب می‌شوند، در تغییر بیومکانیک و کاهش بروز آسیب ACL ورزشکاران مؤثر می‌باشند (۷).

رویکردهای فعلی در زمینه پیشگیری و توان بخشی زانو، به «ناحیه‌ای/پروگزیمال» محدود می‌شود که «پیچیدگی گلوبال» الگوهای حرکتی را در کل زنجیره حرکتی نادیده می‌گیرند (۱۳). در واقع، بیشتر برنامه‌های پیشگیری و توان بخشی زانو شامل تمرینات «ناحیه‌ای یا پروگزیمال» هستند که ناحیه ران را هدف قرار می‌دهند (۱۵، ۱۴). در حالی که این تمرینات قدرت لوکال ران را افزایش می‌دهند، برنامه‌هایی مانند تمرینات پیشگیری از آسیب متمرکز ران (Hip focused)، کینماتیک اندام تحتانی را به ویژه در حین انجام تکالیف داینامیک با سرعت بالاتر مانند دویدن و فرود، به طور معنی‌داری تغییر نمی‌دهند (۱۵).

بسیاری از برنامه‌های پیشگیری و توان بخشی ACL، کنترل «پروگزیمال» را به عنوان هر حرکتی بالای زانو تعریف می‌کنند. این تفسیر از «پروگزیمال» مبهم است و اغلب رابطه معنی‌دار بین ران و تنه را نادیده می‌گیرد. برنامه‌های توان بخشی زانو، در حالی که مفصل ران را یکپارچه می‌کنند، باید شامل چالش‌های حس عمقی (پروپریوسپشن) و اغتشاش مرتبط به تنه باشند (۱۶). مطالعات اخیر از این فرضیه حمایت می‌کند که اختلال در کنترل تنه، به آسیب‌دیدگی ستون فقرات و بخش‌هایی از زنجیره حرکتی مانند زانو کمک می‌کند (۱۵). در درجه اول، افزایش پایداری تنه، باعث افزایش سفتی در سراسر زنجیره حرکتی می‌شود و بنابراین، نقش اساسی در کنترل والگوس داینامیک زانو دارد (۱۵). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد ورزشکارانی که کنترل عصبی-عضلانی ضعیفی در تنه دارند (بر اساس تغییر وضعیت پروپریوسپشن فعال)، بیشتر در معرض آسیب زانو هستند (۱۸، ۱۷). در واقع، تنه یک اهرم کلیدی پروگزیمال است و وضعیت سه صفحه‌ای آن به طور مستقیم بر عملکرد اندام تحتانی و به طور بالقوه بر وضعیت استابولوم لگن در فمور تأثیر می‌گذارد. به عنوان مثال، کانترروتیشن تنه روی لگن (چرخش تنه در محور عمودی Z)،

ران را به همراه پیشرفت اسکات تک پا، پرش تک پا، پرش رو به جلو و عقب (تک پا)، ساید جامپ (تک پا)، اسکات تک پا روی بوسوبال، تعادل تک پا روی زانو و روی بوسوبال، تعادل تک پا روی بوسوبال، لانچ رو به جلو روی بوسوبال و ساید هاپ، با مقاومت سه محوری در تنه پروگزیمال دریافت کردند.

داده‌های کینماتیک و کینتیک به طور هم‌زمان در طی پرش عمودی یک پا با استفاده از یک سیستم ضبط تحلیل حرکت با ۸ دوربین (Vicon، انگلستان) و نمونه‌برداری در ۱۲۰ هرتز و یک صفحه نیرو (Model 9260AA6, 60x50 cm, Kistler Instrumente، سوئیس) هم‌سطح با کف آزمایشگاه و نمونه‌برداری در ۱۲۰۰ هرتز جمع‌آوری گردید. پس از یک آزمایش کالیبراسیون ایستا، نشانگرهای بازتابی به اندام تحتانی، لگن و تنه متصل شد. نشانگرها به صورت دوطرفه بر روی مفصل آکرومیوکلایویکولار، خار خاصره‌ای قدامی فوقانی، تروکانتر بزرگ، کندیل‌های داخلی و خارجی Femur، مائلول داخلی و خارجی، ساکروم، زائده خاری C7 و T10 قرار گرفتند. نشانگرهای ردیابی اضافی در سمت چپ ساکروم، بخش میانی ران، توبرکل تیبیا و قسمت‌های دیستال و لترال ساق پا، پاشنه، سطح پستی و میانی پا، متاتارس پنجم و بین متاتارس دوم و سوم قرار داده شد. تمام داده‌های نشانگر و صفحه نیرو با استفاده از فیلتر مرتبه چهارم Butterworth در فرکانس ۱۲ هرتز فیلتر شدند. برخورد اولیه به عنوان لحظه‌ای تعیین شد که نیروی واکنش عمودی زمین برای اولین بار از ۱۰ نیوتن فراتر رفت و نوک انگشت به عنوان لحظه‌ای تعیین شد که نیروی واکنش عمودی زمین برای اولین بار پس از تماس اولیه به کمتر از ۱۰ نیوتن رسید. مرحله فرود به عنوان دوره‌ای از برخورد اولیه تا اوج خم شدن زانو تعیین گردید. حداکثر ابدانگش، فلکشن، اداکشن اینترنال روتیشن ران، گشتاورهای چرخش داخلی و حداکثر نیروی واکنش عمودی زمین عمودی در طول مرحله فرود محاسبه شد. تمام گشتاورهای مفصلی به عنوان گشتاورهای اکسترنال گزارش شدند. زوایای لترال فلکشن تنه، فلکشن ران، فلکشن زانو و زوایای ابدانگش به عنوان زوایای حداکثری در مرحله فرود محاسبه گردید. این مقادیر در پنج کارآزمایی موفق برای پرش عمودی یک پا به طور میانگین محاسبه شد و سپس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. از نرم‌افزار MATLAB نسخه ۸٫۴، b2۰۱۴ برای پردازش داده‌ها استفاده شد.

همه مقادیر به صورت میانگین  $\pm$  انحراف معیار ارائه شد. توزیع نرمال متغیرها با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk و همگنی واریانس با آزمون Levene تعیین شد. ویژگی‌های دموگرافیک آزمودنی‌ها با استفاده از آزمون Independent t برای داده‌های پیوسته و آزمون  $\chi^2$  برای داده‌های طبقه‌بندی شده مقایسه گردید. جهت ارزیابی تفاوت‌های بین گروه‌ها در پاسخ به تمرینات پیشگیری از آسیب، از آزمون‌های Repeated measures ANOVA و تعقیبی Bonferroni (در صورت وجود اثرات متقابل زمان  $\times$  گروه) برای هر متغیر وابسته استفاده شد. اندازه اثر به عنوان مجذور پارشیال اتا ( $\eta^2_p$ )، با مقادیر ۰٫۱، ۰٫۰۶ و ۰٫۱۴ به ترتیب بیانگر اثرات کوچک، متوسط و بزرگ می‌باشد. در نهایت، داده‌ها در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ (IBM Corporation, version 25, Armonk, NY) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.  $P < ۰/۰۵$  به عنوان سطح معنی‌داری در نظر گرفته شد.

### یافته‌ها

۳ آزمودنی به علت عدم شرکت در پس‌آزمون (۲ نفر) و جلسات تمرین (۱ نفر) از

فقرات، عمل جراحی اندام تحتانی، سابقه درد زانو و آسیب عضلات اندام تحتانی طی ۱۲ ماه گذشته نیز به عنوان معیارهای خروج در نظر گرفته شد (۲۱، ۲۰).

آزمودنی‌ها قبل و بعد از برنامه تمرینی، در مجموع ۵ تکلیف فرود متقاطع تک پا را روی اندام غالب خود از یک جعبه ۳۱ سانتی‌متری انجام دادند. اندام غالب با پرسش از آزمودنی‌ها که «پس از پرسش ترجیح می‌دهند با کدام پا فرود بیابند»، مشخص گردید. فرود متقاطع تک پا با حفظ تعادل روی یک پا و سپس فرود رو به جلو و به سمت داخل انجام می‌شود. در حالی که آزمودنی در مرحله فرود از روی جعبه است، به صورت متقاطع و در مقابل پای ایستا فرود می‌آید. به عنوان مثال، برای انجام فرود متقاطع تک پا در سمت راست، از آزمودنی درخواست شد که در سمت راست جعبه و روی پای چپ خود قرار گیرد. هنگامی که در این موقعیت قرار گرفت، آزمودنی هم‌زمان با پای راست در وسط صفحه نیرو فرود بیاید و پس از فرود به مدت ۲ ثانیه این وضعیت را حفظ نماید. اگر آزمودنی فرود را به درستی انجام ندهد یا نتواند تعادل خود را پس از فرود روی صفحه نیرو نگه دارد، آزمون تکرار خواهد شد. برای به حداقل رساندن خستگی بین هر فرود حداقل ۱ دقیقه استراحت داده شد. قبل از انجام تکلیف فرود متقاطع تک پا، آزمودنی‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با دویدن نرم، تمرینات کششی و پلائیومتریک خود را گرم کردند (۲۴، ۲۵).

برنامه‌های تمرینی شامل تمرینات پیشگیری از آسیب رویکرد سیستم‌های گلوبال و تمرینات متمرکز بر ران است (۱۵). این برنامه‌ها به این دلیل انتخاب شد که ممکن است خطر آسیب ACL را در ورزشکاران به طور مطلوبی کاهش دهد. تمرینات طبق پژوهش‌های پیشین در ۳ مرحله پیشرفت کرد (۲۶، ۱۴). برای به دست آوردن استراتژی‌های حرکتی مطلوب با تکالیف پیشرفته‌تر، این برنامه به فازهای مختلف و هر کدام با هدف خاص تقسیم شده است. پیشرفت به مرحله بعدی، بستگی به اجرای صحیح هر تکلیف در مرحله قبل دارد و ممکن است بر اساس توانایی‌های فردی هر ورزشکار متفاوت باشد. هر فعالیت به صورت جداگانه ارزیابی گردید؛ به طوری که یک ورزشکار می‌تواند از طریق یک تکلیف نسبت به دیگران سریع‌تر پیشرفت کند و با توجه به مهارت خاصی که در هر وظیفه تعیین می‌گردد، در یک سطح مناسب به چالش کشیده می‌شود.

برای بهبود تدریجی عملکرد مفصل ران از طریق مانورهای فرود پرش در گروه شاهد (تمرینات متمرکز ران)، تمرینات قدرتی لگن و تمرینات تعادلی طراحی شدند. این گروه فقط تمرینات متمرکز بر ران (تمرینات مقاومتی، تعادلی و پلائیومتریک) را دریافت کردند. تمرینات در طول شش هفته و هر هفته ۳ جلسه تشکیل شد. هر جلسه حدود ۶۰ دقیقه به طول انجامید. شش هفته تمرین به سه مرحله تقسیم گردید که هر مرحله اهداف خاصی داشت. تمرینات مقاومتی برای عضلات مفصل ران از تمرین زنجیره حرکتی باز به بسته پیشرفت کرد. برای تمرینات تعادلی، ابتدا از آزمودنی‌ها درخواست شد که وضعیت بدن خود را با قرار گرفتن روی دو پا و روی سطحی ناپایدار کنترل کنند و سپس تمرینات به صورت تک پا روی یک سطحی ناپایدار پیشرفت کردند. در طول تمرینات پلائیومتریک، باندهای مقاومتی (سطوح ضعیف، متوسط و قوی) حین اجرای پروتکل پرش - فرود روی ران آزمودنی‌ها قرار داده شد.

پس از پیش‌آزمون، تمرینات پیشگیری از آسیب با استفاده از رویکرد سیستم‌های گلوبال، ۳ بار در هفته به مدت شش هفته (در مجموع ۱۸ جلسه) انجام شد. مدت زمان این برنامه تمرینی حدود ۶۰ دقیقه بود. تمرینات پیشگیری از آسیب با استفاده از رویکرد سیستم‌های گلوبال بر اساس پروتکل معرفی شده توسط Dischiavi و همکاران (۱۳) انجام گردید. این گروه، تمرینات متمرکز بر

آسیب با رویکرد سیستم‌های گلوبال در مقایسه با تمرینات متمرکز بر ران، به طور معنی‌داری باعث کاهش زوایای لترال فلکشن تنه، ابداعشن زانو، حداکثر نیروی واکنش عمودی زمین و حداکثر گشتاور ابداعشن زانو حین فرود متقاطع تک پا در طی شش هفته شد.

نتایج برخی مطالعات نشان داده است که زوایای لترال فلکشن تنه، ابداعشن زانو و گشتاور ابداعشن زانو، نقش مهمی در مکانیسم آسیب ACL در ورزشکاران دارد. گشتاور ابداعشن زانو (بردار نیروی واکنش عمودی زمین از سمت مرکز مفصل زانو عبور می‌کند) (۲۹-۲۶). در این مفهوم، حرکت میانی مرکز مفصل زانو مشکل را تشدید می‌کند و با توجه به این که گشتاور ابداعشن زانو در طول ایستادن تک پا تحت تأثیر موقعیت مرکز جرم نسبت به زانو قرار دارد و زوایای لترال فلکشن تنه در هنگام فرود تک پا کاهش می‌یابد، مرکز جرم به سمت داخلی پای ایستاده حرکت می‌کند. سپس بازوی گشتاور برای ابداعشن زانو کوتاه می‌شود که این نتیجه استراتژی حرکتی ایمن‌تری است. پیشنهاد شده است که یک مقاومت خارجی که در اطراف تنه پروگزیمال اعمال می‌شود، اهرم طولانی‌تری ایجاد می‌کند که نیروها را در چندین مفصل انتقال می‌دهد. از آنجایی که آسیب غیر برخوردار ACL اغلب شامل مکانیسم‌های چند صفحه‌ای می‌باشد، مهم است که جهت مقاومت خارجی، یک نیروی اسپیرال ایجاد کند (محور طولی عمودی/ محور Z) که بیشتر ورزشکار را برای کنترل حرکت اندام تحتانی از این موقعیت به چالش می‌کشد. استفاده از تنه برای تمرین این نیروی اسپیرال، احتمالاً مکانیسمی است که توسط آن زوایای ابداعشن زانو، لترال فلکشن تنه، نیروی واکنش عمودی زمین و در نهایت، گشتاور ابداعشن زانو در تحقیق حاضر کاهش یافته است. کاهش گشتاور ابداعشن زانو ممکن است به ورزشکاران در کاهش خطر آسیب غیر برخوردار ACL کمک کند؛ چرا که پژوهش‌ها، بیومکانیک گشتاور ابداعشن زانو در هنگام فرود را به عنوان یک عامل خطر اولیه برای آسیب ACL نشان داده‌اند. بر خلاف فرضیه مطالعه حاضر، هیچ تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها برای زوایای فلکشن زانو و ران و حین فرود متقاطع تک پا مشاهده نشد. اگرچه تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها وجود نداشت، اما برای این عوامل تفاوت‌های درون‌گروهی مشاهده شد. لیم و همکاران گزارش کردند که یک برنامه تمرینی پیشگیری از آسیب‌های ورزشی، قدرت و انعطاف‌پذیری عضلانی و خواص بیومکانیکی مرتبط با آسیب ACL را بهبود می‌بخشد (۳۰).

نتایج تحقیقات پیشین نشان می‌دهد که تمرینات کنترل پروگزیمال، در مدیریت آسیب‌های شایع اسکلتی-عضلانی اندام تحتانی مؤثر است (۲۷، ۲۶، ۱۳). با این حال، توافق کمی در مورد آنچه کنترل پروگزیمال به دنبال دارد، وجود دارد.

پژوهش حذف شدند. از آزمون‌های Shapiro-Wilk و Levene به ترتیب جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس‌ها استفاده شد. تمام متغیرها در پیش‌آزمون سطح معنی‌داری  $P > 0.05$  را نشان دادند. تفاوت معنی‌داری در متغیرهای دموگرافیک بین دو گروه وجود نداشت. مشخصات دموگرافیک هر دو گروه در جدول ۱ ارایه شده است. میزان مشارکت آزمودنی‌ها در طول مطالعه، ۹۲/۹ درصد گزارش گردید.

متغیرهای کینماتیکی شامل زوایای لترال فلکشن تنه، فلکشن ران، فلکشن و ابداعشن زانو بود (جدول ۲). در مرحله پیش‌آزمون، تفاوتی بین گروه‌ها وجود نداشت ( $P > 0.05$ ). اثرات متقابل زمان  $\times$  گروه برای زوایای لترال فلکشن تنه ( $F_{1,37} = 4/14$ ،  $\eta_p^2 = 0/101$ ،  $P = 0/490$ ) و ابداعشن زانو ( $F_{1,37} = 8/62$ ،  $\eta_p^2 = 0/190$ ،  $P = 0/006$ ) مشاهده شد. آزمون‌های تعقیبی پیشرفت‌های بیشتری با اندازه اثر بزرگ را در گروه تجربی نشان دادند. زوایای لترال فلکشن تنه ( $P = 0/008$ ) و ابداعشن زانو ( $P = 0/029$ ) در مرحله پس‌آزمون کمتر از گروه شاهد بود؛ اگرچه زوایای فلکشن مفصل ران ( $F_{1,37} = 2/79$ ،  $\eta_p^2 = 0/070$ ،  $P = 0/103$ ) و فلکشن زانو ( $F_{1,37} = 0/12$ ،  $\eta_p^2 = 0/003$ ،  $P = 0/734$ ) اثرات متقابل معنی‌داری نشان ندادند، یک اثر اصلی زمان مشاهده شد؛ به طوری که فلکشن ران و زانو از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون در هر دو گروه افزایش یافت ( $P < 0/001$ ). تفاوت معنی‌داری بین دو گروه در فلکشن ران ( $P = 0/660$ ) و فلکشن زانو ( $P = 0/134$ ) بین دو گروه در مرحله پس‌آزمون مشاهده نشد.

متغیرهای کینتیکی شامل حداکثر نیروی واکنش عمودی زمین و حداکثر گشتاور ابداعشن زانو بود (جدول ۲). در مرحله پیش‌آزمون، تفاوتی بین گروه‌ها وجود نداشت ( $P < 0/05$ ). اثرات متقابل زمان  $\times$  گروه برای حداکثر نیروی واکنش عمودی زمین ( $F_{1,37} = 8/10$ ،  $\eta_p^2 = 0/180$ ،  $P = 0/007$ ) و حداکثر گشتاور ابداعشن زانو ( $F_{1,37} = 24/50$ ،  $\eta_p^2 = 0/398$ ،  $P < 0/001$ ) مشاهده شد. تجزیه و تحلیل تعقیبی Bonferroni نمرات کمتری را در گروه تجربی برای حداکثر نیروی واکنش عمودی زمین ( $P = 0/036$ ) و حداکثر گشتاور ابداعشن زانو ( $P = 0/011$ ) با اندازه اثر بزرگ طی شش هفته نشان داد. یک اثر اصلی زمان مشاهده شد؛ به طوری که حداکثر نیروی واکنش عمودی زمین و حداکثر گشتاور ابداعشن زانو از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون در هر دو گروه افزایش یافت ( $P < 0/001$ ).

## بحث

هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی تأثیر تمرینات پیشگیری از آسیب با رویکرد سیستم‌های گلوبال بر عوامل خطر بیومکانیکی آسیب ACL حین فرود متقاطع تک پا در افراد فعال مستعد آسیب ACL در مقایسه با رویکرد سنتی تمرینات متمرکز بر ران بود. بر اساس نتایج به دست آمده، تمرینات پیشگیری از

جدول ۱. مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌ها

متغیرها	گروه تمرینات رویکرد گلوبال (۲۰ نفر) (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	گروه شاهد (۱۹ نفر) (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	مقدار P
سن (سال)	۲۳/۴ $\pm$ ۲/۳	۲۴/۱ $\pm$ ۲/۴	۰/۳۳۰
قد (سانتی‌متر)	۱۸۳/۱ $\pm$ ۹/۱	۱۸۴/۴ $\pm$ ۶/۴	۰/۷۲۰
وزن (کیلوگرم)	۷۴/۳ $\pm$ ۹/۳	۷۶/۴ $\pm$ ۵/۹	۰/۳۳۰
BMI (کیلوگرم بر مترمربع)	۲۲/۱ $\pm$ ۱/۱	۲۲/۶ $\pm$ ۰/۹	۰/۱۷۰
سال‌های تجربه در ورزش‌های دارای پرش فرود (سال)	۷/۴ $\pm$ ۲/۳	۷/۳ $\pm$ ۲/۹	۰/۸۷۰

BMI: Body mass index

جدول ۲. تغییرات درون گروهی و بین گروهی متغیرهای کینتیک و کینماتیک آزمودنی‌ها حین فرود متقاطع تک پا

متغیرهای فرود	گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	درصد تغییرات	اندازه اثر (پارشیال اتا) و اختلاف میانگین	تفاوت بین گروهی (مقدار P)	اثر زمان	اثر متقابل زمان و گروه
فلکشن زانو	رویکرد گلوبال شاهد	۴۹/۳۳ ± ۵/۰۸	۵۸/۹۰ ± ۶/۶۶	↑ ۱۹/۴۰	-۰/۰۳ (-۲/۹۴)	۰/۱۳۴	P < ۰/۰۰۱, F = ۲۲۰/۶۵	P = ۰/۷۳۴, F = ۰/۱۲
ابداکشن زانو	رویکرد گلوبال شاهد	۱۳/۵۱ ± ۲/۴۵	۵/۶۸ ± ۲/۵۴	↓ ۵۷/۹۶	-۰/۱۹۰ (-۱/۷۵)	**۰/۰۲۹	P < ۰/۰۰۱, F = ۲۴۹/۴۶	P = ۰/۰۰۶, F = ۸/۶۳
فلکشن ران	رویکرد گلوبال شاهد	۵۳/۸۴ ± ۱۲/۷۶	۷۱/۹۷ ± ۱۷/۹۹	↑ ۳۳/۶۷	۰/۰۷۰ (۲/۴۷)	۰/۶۶۰	P < ۰/۰۰۱, F = ۱۷۰/۳۱	P = ۰/۱۰۳, F = ۲/۷۹
لترال فلکشن تنه	رویکرد گلوبال شاهد	۸/۷۹ ± ۵/۰۰	۶۹/۴۹ ± ۱۶/۳۵	↑ ۳۳/۲۱	-۰/۱۰۱ (-۲/۷۹)	**۰/۰۰۸	P < ۰/۰۰۱, F = ۱۳۳/۱۳	P = ۰/۰۴۹, F = ۴/۱۴
نیروی واکنش عمودی زمین	رویکرد گلوبال شاهد	۲۲۴۰/۲۵ ± ۱۷۲/۸۹	۱۹۴۲/۱۴ ± ۱۵۶/۶۶	↓ ۱۳/۳۱	-۰/۱۸۰ (-۱۰۵/۶۱)	**۰/۰۳۶	P < ۰/۰۰۱, F = ۱۰۰/۷۵	P = ۰/۰۰۷, F = ۸/۱۰
گشتاور ابداکشن زانو	رویکرد گلوبال شاهد	۱۳۶/۱ ± ۱۶۶/۱	۲۰۴۷/۷۵ ± ۱۴۶/۵۱	↓ ۷/۵۱	-۰/۳۹۸ (-۶/۳۲)	**۰/۰۱۱	P < ۰/۰۰۱, F = ۲۱۸/۸۸	P < ۰/۰۰۱, F = ۲۴/۵۰
		۱۳۵/۳۳ ± ۶/۱۶	۱۲۸/۱۵ ± ۷/۰۲	↓ ۵/۳۱				

\* وجود تفاوت معنی‌دار درون گروهی (P = ۰/۰۵۰)، \*\* تفاوت معنی‌دار بین گروهی (P = ۰/۰۵۰)  
درصد تغییرات نسبت به پیش‌آزمون (افزایش ↑، کاهش ↓)

می‌رسد که برنامه‌های «کنترل پروگزیمال» موجود، فقط به تمرینات ساده، تک صفحه و متمرکز بر مفصل ران محدود می‌شوند و یا فعالیت‌های گرم کردن دینامیک عمومی هستند که فاقد ترکیب یک رویکرد متمرکز بر ران می‌باشند. چالش برای متخصصان این است که در الگویی کار کنند که اجازه می‌دهد تا تمرینات «کنترل پروگزیمال» و متمرکز بر ران داشته باشند، اما قابلیت مانور برای استفاده از این تمرینات متمرکز بر ران را با افزایش پیچیدگی می‌دهد. پیچیدگی شامل ترکیب عناصر مختلف مورد نیاز برای انجام فعالیت‌های ورزشی مانند سرعت، استقامت، حرکات بالستیک، موتور کنترل و حرکات سه صفحه‌ای است که بارهای اکستریک را در زوایای مختلف مفصل مدیریت می‌کند. بنابراین، با افزایش پیچیدگی تمرینات، تعداد اجزای حرکات مخصوص ورزش نیز افزایش می‌یابد (۱۵، ۱۳).

این چارچوب کمک می‌کند تمرینات چالش‌های ورزشی را اجرا و کینماتیک «Socket Over Ball» را بازسازی کنند. این چارچوب یک رویکرد گلوبال را اجرا می‌کند که به موجب آن «پروگزیمال» فقط در مفصل ران محدود نمی‌شود، بلکه شامل چالش‌های پروپریوسپشن و اغتشاشات مربوط به تنه است. این اهمیت اجرای مرحله پرواز سه صفحه‌ای، کانترروپیشن تنه را به چالش می‌کشد که برای تعیین توالی مربوط به حرکات کوپل شده مفصل و الگوهای عصبی- حرکتی منحصر به فرد برای حرکات ورزشی تک پا، برجسته می‌کند (۱۵، ۱۳). الگوی جدید به متخصصان یک چارچوب مفهومی برای پیشرفت تمرینات کنترل پروگزیمال ارائه می‌دهد؛ در حالی که با طراحی تمرینات پیچیده‌تر، رویکرد متمرکز بر ران حفظ شود. مزیت بالینی استفاده از الگوی جدید تمرین کنترل پروگزیمال این است که تأکید بر روی ران و تأثیر پروگزیمال آن بر اندام تحتانی حفظ شود و در عین حال، پیچیدگی مداخله از طریق افزودن تدریجی عناصر ضروری مورد نیاز برای سازگاری با نیازهای خاص ورزش افزایش و خطر آسیب کاهش یابد.

### محدودیت‌ها

پژوهش حاضر دارای محدودیت‌هایی بود. اول این که، تأثیر تمرینات پیشگیری از آسیب با رویکرد سیستم‌های گلوبال بر سایر عوامل خطر مرتبط با آسیب ACL در طول وظایف عملکردی باید در مطالعات آینده بررسی شود. در تحقیق حاضر، تغییرات و تفاوت‌های جنسیتی خاص بررسی نشد. همچنین، این پژوهش، تغییرات در فعالسازی، هم‌انقباضی و قدرت عضلات، عملکرد یا سایر ویژگی‌های عصبی- عضلانی را که ممکن است پس از تمرین ایجاد شود، اندازه‌گیری نکرد. علاوه بر این، شرکت‌کنندگان سالم و فعال مستعد آسیب ACL مورد بررسی قرار گرفتند. بنابراین، نتایج را نمی‌توان به سایر افراد از جمله بیماران دارای آسیب‌های اسکلتی- عضلانی به ویژه بیماران مبتلا به آسیب ACL تعمیم داد.

### پیشنهادها

تمرینات پیشگیری از آسیب با استفاده از رویکرد سیستم‌های گلوبال، برنامه مؤثری به منظور کاهش عوامل خطر بیومکانیکی آسیب‌های ACL در ورزشکاران است. استفاده از تنه به عنوان اهرم متحرک روی ران و ایجاد مقاومت در پروگزیمال، در مقایسه با تمرینات متمرکز بر ران، تغییرات مفید بیشتری را ارائه می‌دهد. یافته‌های مطالعه حاضر بر نیاز به تغییر به سمت تمرینات پیشگیری از آسیب با استفاده از رویکرد سیستم‌های گلوبال به جای حفظ تمرینات متمرکز بر ران در هنگام مداخله در ورزشکارانی که در معرض

نتایج متاآنالیز Sugimoto و همکاران نشان داد که تمرینات حاوی مؤلفه کنترل پروگزیمال با تمرینات مبتنی بر قدرت یا مداخلات تمرینات چند گانه قابل مقایسه است (۱۶)؛ در حالی که این مداخلات، یک رویکرد جامع یکپارچه را نشان می‌دهد، اما کنترل پروگزیمال آن‌ها نادرست است؛ چرا که آن‌ها از ترکیب تمرینات خاص مفصل ران به عنوان لینک پروگزیمال در زنجیره حرکتی استفاده نمی‌کنند (۲۸، ۱۶). پژوهش Lack و همکاران در مورد مزایای مداخلات کنترل پروگزیمال برای سندرم درد کشکک رانی (Patellofemoral pain syndrome یا PFPS)، کنترل پروگزیمال را به عنوان تمرینات هدایت شده بر روی عضلات ران یا لومبولیک یا هر دو تعریف کرد (۲۹). در نتیجه، بررسی Lack و همکاران بیشتر محدود به حرکات استاتیک متمرکز بر ران مانند Side-lying یا ابداکشن ران در حالت ایستاده و تمرینات مقاومتی اکسترنال روتیشن در حالت خوابیده بود (۲۹).

برنامه‌های پیشگیری از آسیب و توان‌بخشی اندام تحتانی باید شامل تمرینات خاص تکلیف شامل تضعیف نیروهای واکنش زمین تکراری در حالت فرود از مرحله پرواز باشد. تمرینات توان‌بخشی یا پیشگیری از آسیب زانو (تمریناتی مانند اسکات تک پا در برابر مقاومت) که مقاومت در اندام تحتانی قرار می‌گیرد، توانایی ورزشکار را برای این کار محدود می‌کند. در مقابل، تمریناتی که مقاومت اکسترنال در شانه‌ها قرار می‌گیرد، باعث می‌شود پاسخ گلوبال بین تنه، لگن و ران ایجاد شود. استفاده از تنه به عنوان یک اهرم این امکان را می‌دهد تا زوایای مختلف مقاومت در طول حرکت نیز اعمال شود. به عنوان مثال، هنگامی که فرد از زمین جدا می‌شود، می‌توان از باند برای اعمال یک نیروی چرخشی استفاده کرد که به اطراف محور Z طولی هدایت می‌شود. هنگام فرود، واحدهای عضلانی ران به چالش کشیده می‌شوند تا بلافاصله فعال شوند و کلاپس چرخشی سه محوری را کنترل کنند (۱۵). همچنین، تمرین مرحله پرواز به روش سه صفحه‌ای و به صورت تکراری می‌تواند به مؤلفه استقامت برنامه بپردازد. از آنجایی که خستگی عصبی- عضلانی مسؤؤل تغییرات بیومکانیکی می‌باشد و ممکن است خطر آسیب غیر برخورداری ACL در حین فرود را افزایش دهد، متخصصان باید نسبت به مکانیسم‌های خستگی محیطی و مرکزی حساس باشند و تکالیف فرود خاص رشته ورزشی را بر اساس استقامت ادغام کنند (۱۵، ۱۳).

در مفهوم جدید، رویکردی به عنوان سیستم‌های گلوبال ارائه شده است که یک الگوی مداخله پیچیده را در برمی‌گیرد؛ جایی که تمرینات در پیرامون آرتروکینماتیک، بیومکانیک و نیازهای فیزیکی گلوبال کل زنجیره حرکتی طراحی شده است. این روش ترکیبی شامل اجزای تمرینات متمرکز بر ران و حرکات دینامیک کل بدن است. در این روش تلفیقی، تمرینات متمرکز بر ران با سرعت بالاتر در چندین صفحه انجام می‌شود و عناصر خاص بیشتری را که برای حرکات ورزشی پیچیده مورد نیاز است، در برخواهد گرفت. اصل مهم این روش، ادغام تنه به عنوان اهرم اصلی مقاومت به جای فمور است. استفاده از تنه به عنوان اهرم متحرک روی فمور ثابت، ممکن است روش‌های جدیدتری برای ایجاد قدرت و تغییرات عصبی- حرکتی در مفصل ران فراهم کند که اجازه می‌دهد تمرینات گلوبال و پیچیده‌تری تحت عنوان «کنترل پروگزیمال» انجام شود. ترکیب مقاومت در پروگزیمال تنه در مقایسه با مداخلات معمولی مفصل ران، از جمله مقدمات نیروهای روتیشنال در مورد محور Z عمودی، چندین تغییر منحصر به فرد را ارائه می‌دهد. مقاومت در مورد محور Z، اثر اسپیرال اندام تحتانی را هنگام مدیریت نیروهای واکنش زمین تکرار می‌کند. همچنین، به نظر

آسیب ACL قرار دارند، تأکید می‌کند.

خدمات پشتیبانی و اجرایی و علمی مطالعه: بهرام شیخی، امیر لطافت کار، ملیحه حدادنژاد

فراهم کردن تجهیزات و نمونه‌های مطالعه: بهرام شیخی

جمع‌آوری داده‌ها: بهرام شیخی

تحلیل و تفسیر نتایج: بهرام شیخی

خدمات تخصصی آمار: بهرام شیخی

تنظیم دست‌نوشته: بهرام شیخی، امیر لطافت کار، ملیحه حدادنژاد

ارزیابی تخصصی دست‌نوشته از نظر مفاهیم علمی: بهرام شیخی، امیر لطافت کار، ملیحه حدادنژاد

تأیید دست‌نوشته نهایی جهت ارسال به دفتر مجله: بهرام شیخی، امیر لطافت کار، ملیحه حدادنژاد

مسئولیت حفظ یکپارچگی فرایند انجام مطالعه از آغاز تا انتشار و پاسخگویی به نظرات داوران: بهرام شیخی، امیر لطافت کار، ملیحه حدادنژاد

نظرات داوران: بهرام شیخی، امیر لطافت کار، ملیحه حدادنژاد

### منابع مالی

پژوهش حاضر برگرفته از تحلیل بخشی از نتایج رساله دکتری تخصصی با کد اخلاق IR.KHU.REC.1400.008، مصوب دانشگاه خوارزمی تهران می‌باشد.

### تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافی ندارند.

### نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که یک برنامه تمرینی شش هفته‌ای پیشگیری از آسیب ACL با استفاده از رویکرد سیستم‌های گلوبال، باعث کاهش زوایای لترال فلکشن تنه، ابداکشن زانو، حداکثر نیروی واکنش عمودی زمین و حداکثر گشتاور ابداکشن زانو در مقایسه با یک برنامه تمرینی متمرکز بر ران حین فرود متقاطع تک پا می‌شود. این یافته‌ها نشان می‌دهد که تمرینات پیشگیری از آسیب با استفاده از رویکرد سیستم‌های گلوبال، می‌تواند برای کاهش عوامل خطر آسیب ACL در هنگام فرود در ورزشکاران مورد استفاده قرار گیرد.

### تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر برگرفته از رساله دکتری تخصصی با شماره ۹۹۰۶۵ و کد اخلاق IR.KHU.REC.1400.008، مصوب دانشگاه خوارزمی تهران می‌باشد. بدین وسیله نویسندگان از همه آزمودنی‌ها به جهت شرکت و همکاری در این مطالعه تشکر و قدردانی به عمل می‌آورند.

### نقش نویسندگان

طراحی و ایده‌پردازی مطالعه: بهرام شیخی، امیر لطافت کار، ملیحه حدادنژاد  
جذب منابع مالی برای انجام مطالعه: بهرام شیخی، امیر لطافت کار، ملیحه حدادنژاد

### References

1. Heebner NR, Rafferty DM, Wohleber MF, Simonson AJ, Lovalekar M, Reinert A, et al. Landing kinematics and kinetics at the knee during different landing tasks. *J Athl Train* 2017; 52(12): 1101-8.
2. Hootman JM, Dick R, Agel J. Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: Summary and recommendations for injury prevention initiatives. *J Athl Train* 2007; 42(2): 311-9.
3. Verrelst R, Van TD, De RR, Witvrouw E. Kinematic chain-related risk factors in the development of lower extremity injuries in women: A prospective study. *Scand J Med Sci Sports* 2018; 28(2): 696-703.
4. Dingenen B, Malfait B, Vanrenterghem J, Robinson MA, Verschueren SM, Staes FF. Can two-dimensional measured peak sagittal plane excursions during drop vertical jumps help identify three-dimensional measured joint moments? *Knee* 2015; 22(2): 73-9.
5. Dingenen B, Malfait B, Vanrenterghem J, Verschueren SM, Staes FF. The reliability and validity of the measurement of lateral trunk motion in two-dimensional video analysis during unipodal functional screening tests in elite female athletes. *Phys Ther Sport* 2014; 15(2): 117-23.
6. Quatman CE, Quatman-Yates CC, Hewett TE. A 'plane' explanation of anterior cruciate ligament injury mechanisms: a systematic review. *Sports Med* 2010; 40(9): 729-46.
7. Bates NA, Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Kinetic and kinematic differences between first and second landings of a drop vertical jump task: implications for injury risk assessments. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2013; 28(4): 459-66.
8. Fransz DP, Huurnink A, Kingma I, van Dieen JH. How does postural stability following a single leg drop jump landing task relate to postural stability during a single leg stance balance task? *J Biomech* 2014; 47(12): 3248-53.
9. Davey AP, Vacek PM, Caldwell RA, Slauterbeck JR, Gardner-Morse MG, Tourville TW, et al. Risk factors associated with a noncontact anterior cruciate ligament injury to the contralateral knee after unilateral anterior cruciate ligament injury in high school and college female athletes: A prospective study. *Am J Sports Med* 2019; 47(14): 3347-55.
10. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS, Jr., Colosimo AJ, McLean SG, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: A prospective study. *Am J Sports Med* 2005; 33(4): 492-501.

11. Krosshaug T, Steffen K, Kristianslund E, Nilstad A, Mok KM, Myklebust G, et al. The vertical drop jump is a poor screening test for ACL injuries in female elite soccer and handball players: A prospective cohort study of 710 athletes. *Am J Sports Med* 2016; 44(4): 874-83.
12. Sritharan P, Perraton LG, Munoz MA, Pivonka P, Bryant AL. Muscular coordination of single-leg hop landing in uninjured and anterior cruciate ligament-reconstructed individuals. *J Appl Biomech* 2020; 1-9. [Online ahead of print].
13. Dischiavi SL, Wright AA, Hegedus EJ, Ford KR, Bleakley C. Does 'proximal control' need a new definition or a paradigm shift in exercise prescription? A clinical commentary. *Br J Sports Med* 2019; 53(3): 141-2.
14. Ford KR, Nguyen AD, Dischiavi SL, Hegedus EJ, Zuk EF, Taylor JB. An evidence-based review of hip-focused neuromuscular exercise interventions to address dynamic lower extremity valgus. *Open Access J Sports Med* 2015; 6: 291-303.
15. Dischiavi SL, Wright AA, Hegedus EJ, Thornton EP, Bleakley CM. Framework for optimizing acl rehabilitation utilizing a global systems approach. *Int J Sports Phys Ther* 2020; 15(3): 478-85.
16. Sugimoto D, Myer GD, Foss KD, Hewett TE. Specific exercise effects of preventive neuromuscular training intervention on anterior cruciate ligament injury risk reduction in young females: meta-analysis and subgroup analysis. *Br J Sports Med* 2015; 49(5): 282-9.
17. Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, Goldberg B, Cholewicki J. The effects of core proprioception on knee injury: A prospective biomechanical-epidemiological study. *Am J Sports Med* 2007; 35(3): 368-73.
18. Nagelli C, Di SS, Tatarski R, Chen A, Wordeman S, Hoffman J, et al. Neuromuscular training improves self-reported function and single-leg landing hip biomechanics in athletes after anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthop J Sports Med* 2020; 8(10): 2325967120959347.
19. Tak IJR. Hip and groin pain in athletes: morphology, function and injury from a clinical perspective. *Br J Sports Med* 2018; 52(16): 1024-5.
20. Zugel M, Maganaris CN, Wilke J, Jurkat-Rott K, Klingler W, Wearing SC, et al. Fascial tissue research in sports medicine: From molecules to tissue adaptation, injury and diagnostics: consensus statement. *Br J Sports Med* 2018; 52(23): 1497.
21. Cannon J, Cambridge EDJ, McGill SM. Anterior cruciate ligament injury mechanisms and the kinetic chain linkage: The effect of proximal joint stiffness on distal knee control during bilateral landings. *J Orthop Sports Phys Ther* 2019; 49(8): 601-10.
22. Ferreira J, Bebiano A, Raro D, Martins J, Silva AG. Comparative effects of tensioning and sliding neural mobilization on static postural control and lower limb hop testing in football players. *J Sport Rehabil* 2019; 28(8): 840-6.
23. Granacher U, Schellbach J, Klein K, Prieske O, Baeyens JP, Muehlbauer T. Effects of core strength training using stable versus unstable surfaces on physical fitness in adolescents: A randomized controlled trial. *BMC Sports Sci Med Rehabil* 2014; 6(1): 40.
24. Sheikhi B, Letafatkar A, Thomas AC, Ford KR. Altered trunk and lower extremity movement coordination after neuromuscular training with and without external focus instruction: A randomized controlled trial. *BMC Sports Sci Med Rehabil* 2021; 13(1): 92.
25. Stensrud S, Myklebust G, Kristianslund E, Bahr R, Krosshaug T. Correlation between two-dimensional video analysis and subjective assessment in evaluating knee control among elite female team handball players. *Br J Sports Med* 2011; 45(7): 589-95.
26. Omi Y, Sugimoto D, Kuriyama S, Kurihara T, Miyamoto K, Yun S, et al. Effect of hip-focused injury prevention training for anterior cruciate ligament injury reduction in female basketball players: A 12-year prospective intervention study. *Am J Sports Med* 2018; 46(4): 852-61.
27. Sugimoto D, Mattacola CG, Bush HM, Thomas SM, Foss KD, Myer GD, et al. Preventive neuromuscular training for young female athletes: comparison of coach and athlete compliance rates. *J Athl Train* 2017; 52(1): 58-64.
28. Dischiavi SL, Wright AA, Hegedus EJ, Bleakley CM. Rethinking dynamic knee valgus and its relation to knee injury: Normal movement requiring control, not avoidance. *J Orthop Sports Phys Ther* 2019; 49(4): 216-8.
29. Lack S, Barton C, Sohan O, Crossley K, Morrissey D. Proximal muscle rehabilitation is effective for patellofemoral pain: A systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med* 2015; 49(21): 1365-76.
30. Lim BO, Lee YS, Kim JG, An KO, Yoo J, Kwon YH. Effects of sports injury prevention training on the biomechanical risk factors of anterior cruciate ligament injury in high school female basketball players. *Am J Sports Med* 2009; 37(9): 1728-34.

## Effect of Injury Prevention Training with Global Systems Approach on Kinetics and Trunk and Lower Extremity Kinematics during Jump Landing in Active Individuals at Risk of Anterior Cruciate Ligament Injury: Quasi-experimental Study

Bahram Sheikhi<sup>1</sup>, Amir Letafatkar<sup>2</sup>, Malihe Hadadnezhad<sup>2</sup>

### Original Article

#### Abstract

**Introduction:** Injury prevention training using a global systems approach has been suggested to reduce biomechanical risk factors for anterior cruciate ligament (ACL) injuries during landing. This study aimed to compare a traditional injury prevention program to injury prevention training using a global systems approach on trunk and lower extremity kinematics and kinetics during a single-leg cross drop task in athletes at risk of ACL injury.

**Materials and Methods:** Thirty-nine male and female athletes (control = 19 and injury prevention training using a global systems approach = 20) participated in this study. Peak knee and hip flexion, peak knee abduction, lateral trunk flexion angles, peak knee abduction moment, and peak vertical ground reaction forces (GRF) were assessed for all participants during a single-leg cross drop task at baseline and six weeks following injury prevention training. Repeated measures analysis of variance (ANOVA) was used to investigate the biomechanical data between-group differences.

**Results:** A significant group  $\times$  time interaction effect was found for peak vertical GRF ( $P = 0.007$ ), peak knee abduction moment ( $P < 0.001$ ), knee abduction ( $P = 0.006$ ), and lateral trunk flexion ( $P = 0.036$ ), favoring the global systems approach group at six weeks. Significant main effects of time were found for the vertical GRF, knee abduction moment, hip flexion, knee flexion, knee abduction, and lateral trunk flexion ( $P < 0.001$ ) after the training. No significant group  $\times$  time interaction effects were found for hip flexion ( $P = 0.734$ ) and knee flexion ( $P = 0.103$ ).

**Conclusion:** Global systems approach improved the biomechanical risk factors for ACL injuries during single-leg cross drop landing compared to thigh-focused exercises.

**Keywords:** Anterior cruciate ligament; Injury prevention training; Landing biomechanics; Ground reaction force; Single-leg cross drop

**Citation:** Sheikhi B, Letafatkar A, Hadadnezhad M. Effect of Injury Prevention Training with Global Systems Approach on Kinetics and Trunk and Lower Extremity Kinematics during Jump Landing in Active Individuals at Risk of Anterior Cruciate Ligament Injury: Quasi-experimental Study. J Res Rehabil Sci 2021; 17: 28-36.

Received date: 31.01.2021

Accept date: 20.04.2021

Published: 05.05.2021

1- PhD Candidate, School of Physical Education and Sports Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

2- Associate Professor, School of Physical Education and Sports Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

**Corresponding Author:** Bahram Sheikhi; PhD Candidate, School of Physical Education and Sports Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran; Email: [sheikhibahram@gmail.com](mailto:sheikhibahram@gmail.com)