Published Online: 2019.January.24 **Research Article**
Archive of SID

# Comparison of Selected Lnee Kinematic Factors during Single Leg Landing after Six Weeks of Multi-Angled Isometric Exercises on Knee Joint Flexor and Extensor Muscle Groups

Amir Abbaszadeh Dahaji*[1], Mohammad Reza Amir Seyfaddini[2], Rohollah Nikooie[3]

1. Master of Science in sport Biomechanics, Department of Sports Biomechanics, Faculty of Sports Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
2. Associate Professor of Sport Biomechanics, Department of Sports Biomechanics, Faculty of Sports Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
3. Associate Professor of Sport Physiology, Department of Sports physiology, Faculty of Sports Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

**Received: 2018.December.18** **Revised: 2019. January.15** **Accepted: 2019.January.20**

## Abstract

**Background and Aims:** Single-leg landing is a common movement in many sports and is known to be an important cause of non-contact anterior cruciate ligament injury, since some well-known exercises have a beneficial effect on the non-contact injuries. The purpose of the current study was to compare male individuals' selected knee kinematic factors during single leg landing after six weeks of multi-angled isometric exercises on knee joint flexor and extensor muscle groups.

**Materials and Methods:** In the present study, 30 males (mean age: 24.82 ± 1.88 y, weight: 78.8 ± 1.08 kg, height: 1.87 ± 0.05 m) were objectively selected. Participants were randomly divided into two groups of isometrics (n=15) and controls (n=15). Prior to and six weeks after the exercises (3 sessions per week), at the same time and place, the single-leg landing motion was recorded by the motion analysis system, and using MATLAB software the values of knee valgus, knee flexion, and tibia rotation were evaluated. During the research period, the control group did not have any therapeutic intervention program. The results of the study were analyzed using covariance analysis.

**Results:** The results showed that there was a significant decrease in the valgus angle after training (P=0.029), a significant increase in knee flexion angles (P=0.001), and a significant decrease in the angle of tibia rotation (P =0.000)

**Conclusion:** According to the results, multi-angular isometric exercises have a positive effect on the selected kinematic factors studied in the present study. These factors are important factors in the anterior cruciate ligament injury; therefore, it seems that such exercises can be carried out without the need for certain specialties. These exercises are suggested to prevent anterior cruciate ligament injury.

**Keywords:** Anterior cruciate ligament; Multi-angled isometric exercises; Knee valgus; Deep knee flexion; Tibia rotation

**Cite this article as:** Amir Abbaszadeh Dahaji, Mohammad Reza Amir Seifadini, Ruholah Nikuyi. Compariso of selected knee kinematic factors of men's knee during single leg landing of the box after six weeks of multiangled isometric exercises on knee joint flexor and extensor muscle groups. J Rehab Med. 2019; 8(2): 182-190.

* **Corresponding Author**: Amir Abbaszadeh Dahaji, Master of Science in sport Biomechanics, Department of Sports biomechanics, Faculty of Sports Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
Email: amirabbaszadeh1371@gmai.com

**DOI: 10.22037/jrm.2019.111456.2006**


www.SID.ir

Archive of SID

# مقایسه فاکتورهای منتخب کینماتیکی مفصل زانوی مردان در هنگام فرود تک‌پا پس از اعمال شش هفته تمرینات ایزومتریک چندزاویه‌ای بر روی گروه‌های عضلانی خم‌کننده و بازکننده مفصل زانو

امیر عباس‌زاده دهجی[۱]، محمدرضا امیر سیف‌الدینی[۲]*، روح‌الله نیکویی[۳]

۱. کارشناس ارشد بیومکانیک ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران
۲. دانشیار گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران
۳. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران

* دریافت مقاله ۱۳۹۷/۰۹/۲۷ بازنگری مقاله ۱۳۹۷/۱۰/۲۵ پذیرش مقاله ۱۳۹۷/۱۰/۳۰ *

## چکیده

### مقدمه و اهداف

فرود تک‌پا حرکتی متداول در بسیاری از رشته‌های ورزشی است و از عوامل اصلی آسیب‌های غیربرخوردی لیگامنت صلیبی قدامی می‌باشد. از آنجا که برخی تمرینات شناخته‌شده بر فاکتورهای موثر در وقوع آسیب‌های غیربرخوردی اثر مثبت دارند، هدف از انجام تحقیق حاضر مقایسه فاکتورهای منتخب کینماتیکی مفصل زانوی مردان در هنگام فرود تک‌پا از جعبه پس از اعمال شش هفته تمرینات ایزومتریک چندزاویه‌ای بر روی گروه‌های عضلانی خم-کننده و بازکننده مفصل زانو بود.

### مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر ۳۰ مرد سالم بدون فعالیت ورزشی منظم (انحراف استاندارد±میانگین سن ۱/۸۸±۲۴/۶۲ سال، وزن ۱/۰۸±۷۸/۸ کیلوگرم، قد ۰/۰۵±۱/۸۷ متر) به صورت هدفمند و در دسترس به عنوان نمونه انتخاب شدند. آزمودنی‌ها به صورت تصادفی به ۲ گروه تمرینات ایزومتریک (۱۵ نفر) و گروه کنترل (۱۵ نفر) تقسیم شدند. قبل و بعد از یک دوره تمرین ۶ هفته‌ای (۳ جلسه در هفته) در شرایط مشابه زمانی و مکانی حرکت فرود تک‌پا از جعبه توسط سیستم تصویربرداری آنالیز حرکت ثبت شد و توسط نرم‌افزار متلب، مقادیر والگوس زانو، خم شدن زانو و چرخش درشت‌نی محاسبه شد. در مدت زمان تحقیق، گروه کنترل هیچ برنامه مداخله درمانی انجام ندادند. نتایج تحقیق کنونی با استفاده از آزمون تحلیل کواریانس مورد آنالیز قرار گرفت.

### یافته‌ها

یافته‌ها نشان داد پس از دوره تمرینی زاویه والگوس و زاویه چرخش درشت‌نی آزمودنی‌ها به صورت معناداری کاهش یافت (به ترتیب p=۰/۰۲۹ و p=۰/۰۰۰) و زاویه خم شدن مفصل زانو به صورت معناداری افزایش یافت (p=۰/۰۰۱).

### نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسد تمرینات ایزومتریک چندزاویه‌ای تاثیر مثبتی بر فاکتورهای کینماتیکی منتخب تحقیق حاضر دارد. با توجه به این که این فاکتورها عوامل مهمی در بروز آسیب رباط صلیبی قدامی می‌باشند، در نتیجه به نظر می‌رسد می‌توان این گونه تمرینات را که بدون نیاز به امکانات خاصی قابل اجرا هستند را به عنوان تمریناتی برای پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی پیشنهاد داد.

### واژه‌های کلیدی

لیگامنت صلیبی قدامی؛ ایزومتریک چندزاویه‌ای؛ والگوس زانو؛ عمیق‌ترین زاویه خم شدن زانو؛ چرخش درشت‌نی

**نویسنده مسئول: امیر عباس‌زاده دهجی، کارشناس ارشد بیومکانیک ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران**

**آدرس الکترونیکی: amirabbaszadeh1371@gmail.com**


www.SID.ir

Archive of SID

## مقدمه و اهداف

مفصل زانو بزرگ‌ترین مفصل سینوویال، یکی از مهمترین مفاصل بدن است که نقش مهمی در حرکت و تحمل وزن بدن ایفا می‌کند.[۱] فرود آمدن و تغییر جهت ناگهانی از فعالیت‌های پرخطر ورزشی به شمار می‌رود که در آسیب اندام تحتانی اثرگذار است و بررسی تغییرات کینماتیکی مفصل می‌تواند به عنوان معیار خوبی از قرار گرفتن مفصل در وضعیت پرخطر باشد. از سوی دیگر، به دلیل اینکه داده‌های کینتیکی با داده‌های کینماتیکی در ارتباط هستند و هرچه تغییرات کینماتیکی مفصل بزرگ‌تر باشد، یعنی نیروهای وارد بر آن بزرگ‌تر است[۲]، از میان آسیب‌های متعدد مفصل زانو، پارگی لیگامان صلیبی قدامی را می‌توان یکی از شایع‌ترین آسیب‌های این مفصل دانست. ضمنا تحقیقات نشان داده‌اند که خطر آسیب غیربرخوردی رباط صلیبی قدامی زانو در فرود تک‌پا نسبت به فرود دو پا بیشتر است.[۳] در تحقیقاتی که بر روی تفاوت‌های کینماتیکی زانو در فرود انجام شد، نتایجی به دست آمد که نشان‌دهنده این تئوری بود که هرچه زاویه والگوس زانو بیشتر و یا هرچه زاویه فلکشن زانو کمتر باشد، ریسک آسیب اندام تحتانی نیز بیشتر است.[۴]

نیروی عمودی عکس‌العمل زمین با ناپایداری مفصل زانو در ارتباط مستقیم است و مکانیسم اصلی اعمال بار بر این مفصل و لیگامنت صلیبی قدامی می‌باشد. بنابراین فاکتورهای بیومکانیکی از قبیل افزایش ارتفاع فرود، کاهش نسبت فعالیت عضلات چهارسر به همسترینگ، ضعف کنترل عصبی-عضلانی و افزایش سختی مفصلی باعث افزایش نیروی عمودی عکس‌العمل زمین می‌شود و به محققان این اجازه را می‌دهند که تغییرات کینماتیکی و کینتیکی را در موقعیت‌های مختلف بررسی کنند. تحقیقات نشان داده‌اند که برای افراد بزرگسال در فرود از جعبه‌ای با ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر، نیروی عکس‌العمل زمین تقریباً چهار برابر وزن بدن آن‌ها می‌باشد.[۵]

بار وارده بر رباط متقاطع قدامی هنگامی که زانو در حالتی نزدیک به دامنه انتهایی باز شدن قرار دارد، بیشتر است. همچنین در این وضعیت نیروهای عکس‌العمل زمین، چرخش درشت‌نی و لغزش قدامی درشت‌نی نیز افزایش می‌یابد.[۶] نتایج تحقیقات پیشین نشان داده‌اند که بارگیری والگوس زانو به همراه چرخش استخوان درشت‌نی به داخل عوامل مهمی در سازوکار آسیب‌دیدگی رباط صلیبی قدامی زانو می‌باشد.[۷]

در دو دهه اخیر تحقیقات زیادی در خصوص تمرینات مداخله‌ای تمرینی بر روی آسیب لیگامانی زانو انجام شده است. اغلب این تحقیقات به بررسی تاثیر این برنامه‌ها بر کاهش میزان آسیب ACL، بهبود فاکتورهای کینماتیکی و کینتیکی زانو پرداخته‌اند.[۸] در دهه ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ تمرینات مقاومتی ایستا به عنوان یک جایگزین برای تمرینات پویا محبوبیت پیدا کردند و در ابتدا بیشتر به عنوان روش موثر و کارآمدی از تقویت عضلات در نظر گرفته شد. منبع مقاومت برای تمرینات ایزومتریک شامل قرار گرفتن در برابر یک نیروی دستی، قرار گرفتن در برابر وزنه در یک وضعیت خاص، نگهداری یک وضعیت در برابر مقاومت وزن بدن یا هل دادن یا کشیدن یک جسم ساکن می‌باشد.[۹]

جاناتان پی فلند[1] و همکاران در سال ۲۰۰۴ تحقیقی با عنوان تاثیر تمرین ایزومتریک در یک دامنه از زاویه‌های مفصل در برابر تمرین پویا در افراد سالم انجام دادند که بر روی گروه عضلات چهارسران انجام شد. قدرت ایستای گروه عضلات چهارسران بعد از انجام پروتکل در زاویه‌های تمرینی و همچنین قدرت ایزوکنتیک در سه سرعت زاویه‌ای اندازه‌گیری شد. بعد از انجام پروتکل، قدرت ایزوکنتیک در هر دو پا به صورت مشابه افزایش یافت. قدرت ایزومتریک به صورت معناداری در پایی که تمرینات ایزومتریک را انجام داده است نسبت به پایی که تمرینات پویا را انجام داده است، افزایش یافته بود.[۱۰] کاتلین جکسون[2] نیز در سال ۲۰۱۵ تحقیقی با عنوان تاثیر یک پروتکل تمرین قدرتی ایزومتریک بر روی زاویه والگوس زانو در طول یک پرش فرود در والیبالیست‌های زن حرفه‌ای انجام داده است. هدف از این تمرین تاثیر قدرت عضلات همسترینگ و سرینی ۱۴ والیبالیست حرفه‌ای زن در طول یک دوره تمرین ایزومتریک شش هفته‌ای بر روی تغییر اوج زاویه والگوس زانو، شتاب درشت‌نی و نیروی عمودی عکس‌العمل زمین در طول پرش فرود بود. در نتایج این تحقیق به صورت گروهی تغییرات معناداری مشاهده نشد، ولی به صورت فردی تغییرات معنادار قابل توجهی در زاویه والگوس زانو، زاویه خم شدن زانو، حداکثر نیروی عکس‌العمل زمین و شتاب درشت‌نی مشاهده شد.[۱۱]

با توجه نتایج به‌دست‌آمده از تحقیقات پیشین اصلاح کینماتیک همراه با بهبود عملکرد عضلات اندام تحتانی می‌تواند نقش مهمی در پیشگیری از آسیب داشته باشد. در این راستا مطالعات گوناگون، اثر انواع تمرینات با برنامه‌های تمرینی متفاوت را با هدف پیشگیری از آسیب مورد بررسی قرار داده است، اما با توجه به این که هیچ تحقیقی به مقایسه فاکتورهای کینماتیکی مفصل زانو قبل و بعد از اعمال یک پروتکل تمرینی ایزومتریک چندزاویه‌ای نپرداخته است، بنابراین هدف تحقیق حاضر مقایسه فاکتورهای منتخب کینماتیکی مفصل زانوی مردان در هنگام فرود تک‌پا از جعبه پس از اعمال شش هفته تمرینات ایزومتریک چندزاویه‌ای بر روی گروه‌های عضلانی خم‌کننده و بازکننده مفصل زانو می‌باشد و محققین به دنبال این موضوع بودند که آیا این برنامه تمرینی می‌تواند تغییراتی را در جهت کاهش

[1] Jonathan p Folland
[2] Kaitlin Jackson


www.SID.ir

Archive of SID

ریسک‌فاکتورهای آسیب لیگامان صلیبی قدامی زانو به وجود بیاورد یا خیر.

## مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی بود که با روش پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه کنترل انجام شد. جامعه آماری در تحقیق پیش‌رو تمامی دانشجویان پسر دانشگاه شهید باهنر کرمان بودند که در مقطع کارشناسی مشغول به تحصیل بوده و هیچ نوع آسیبی نداشتند. نمونه آماری را ۳۰ نفر از مردان جوان (سن ۱/۸۸±۲۴/۶۲ سال، وزن ۱/۰۸±۷۸/۸ کیلوگرم، قد ۰/۰۵±۱/۸۷ متر) تشکیل دادند که به صورت هدفمند و در دسترس انتخاب و به صورت تصادفی به گروه تجربی (۱۵ نفر) با تمرینات ایزومتریک و گروه کنترل (۱۵ نفر) بدون انجام هیچ‌گونه تمرین ورزشی تقسیم شدند. معیارهای خروج از تحقیق حاضر بیماری‌های عصبی و عضلانی، انجام دادن دوره‌های فیزیوتراپی و دارویی و همچنین داشتن فعالیت ورزشی حرفه‌ای بود. لازم به ذکر است تمامی آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه شرکت در آزمون را قبل از اجرای تست-گیری مرحله اول به صورت آگاهانه پر کرده بودند.

گروه تجربی تمرینات خود را به مدت ۶ هفته و هر هفته شامل سه جلسه تمرینی انجام داد. مدت زمان اجرای پروتکل تمرینی ۳۰ دقیقه بود.

تمرین ایزومتریک چندزاویه‌ای نوعی سیستم تمرینی می‌باشد که مقاومت به صورت دستی یا مکانیکی در زوایای مختلف مفصل در دامنه حرکتی در دسترس اعمال می‌شود.[۹] با توجه به این که در یک تمرین ۶۰ تا ۸۰ درصد نیروی تولیدی عضله برای افزاش قدرت کافی می-باشد، برای رسیدن به تغییرات پایدار در عملکرد عضلانی مدت زمان انقباض باید بین ۶ تا ۱۰ ثانیه باشد، به صورت یک انقباض ۱۰ ثانیه-ای شامل ۲ ثانیه زمان رسیدن به اوج انقباض، ۶ ثانیه نگه داشتن انقباض و ۲ ثانیه زمان برگشت از انقباض (جدول شماره ۱). قدرت عضلانی تنها در زوایای نزدیک به زاویه تمرین افزایش می‌یابد. قدرت عضلانی تنها در ۱۰ درجه بیشتر و کمتر از زاویه تمرین دچار تغییر می‌شود. بنابراین توصیه می‌شود که تمرین در ۴ الی ۶ زاویه از دامنه حرکتی انجام شود.[۹] در تحقیق حاضر روش اعمال مقاومت از نوع دستی بود، به گونه‌ای که هر آزمودنی با انقباض عضلات مورد نظر سعی در ایجاد حرکت در مفصل را داشت، ولی آزمونگر با اعمال مقاومت توسط دستان خود مانع از به وجود آمدن حرکت در مفصل می‌شد. زوایای تمرین با استفاده از گونیامتر اندازه‌گیری شد. تمرینات ایزومتریک در گروه آزمایش بر روی گروه‌های عضلانی خم‌کننده و بازکننده مفصل زانو و در زوایای ۰، ۲۰ و ۴۰ درجه خم شدن مفصل انجام شد؛ بدین‌گونه که برای اعمال مقاومت توسط آزمونگر، آزمودنی به صورت دمر روی تشک ورزشی دراز می‌کشید، سپس آزمونگر مفصل زانوی آزمودنی را در زوایای نام‌برده قرار داده و همزمان با انقباض عضلات آزمودنی آزمونگر نیروی در جهت مخالف گشتاور تولیدی عضلات آزمودنی به قسمت دیستال ساق پا (نزدیک مچ) اعمال می‌کرد.

**جدول ۱: جزئیات اجرای پروتکل ایزومتریک چندزاویه‌ای**

| عضلات هدف | تکرار در هفته | ست×تکرار | مدت زمان انقباض | استراحت بین ست | استراحت بین تکرار |
|---|---|---|---|---|---|
| خم کننده های زانو | 3 جلسه | 10×3 | 10 ثانیه | 2 دقیقه | 10 ثانیه |
| باز کننده های زانو | 3 جلسه | 10×3 | 10 ثانیه | 2 دقیقه | 10 ثانیه |

### اندازه‌گیری قدرت ایزومتریک

قدرت عضلانی یک عامل مخل در تحقیق حاضر بود که با اندازه‌گیری آن توسط آزمون آماری اثر مخل آن حذف شد. قدرت ایزومتریک عضلات خم‌کننده و بازکننده زانو توسط دستگاه دینامومتر دستی اندازه‌گیری شد ( Commander Power Track; JTECH Medical, Salt Lake City, UT) (واحد اندازه‌گیری کیلوگرم) (روایی ۹۰-۹۹٪)[۱۲]؛ به گونه‌ای که آزمودنی روی یک تخت دراز کشیده، آزمونگر در جلو آزمودنی قرار گرفته و با استفاده از نوارهای پارچه‌ای غیرارتجاعی دستگاه را ثابت کرده و قدرت را در زوایای مورد نظر اندازه‌گیری نمود (تصویر شماره ۱).

اندازه گیری قدرت ایزومتریک ۴۸ ساعت قبل و بعد از اعمال پروتکل تمرینی انجام شد.


www.SID.ir

Archive of SID

**تصویر ۱: نحوه اندازه‌گیری قدرت ایزومتریک عضلات خم‌کننده و بازکننده**

## نمونه‌برداری کینماتیکی

ابتدا به تمام آزمودنی‌ها طریقه انجام تست‌گیری و پروتکل فرود از روی جعبه آموزش داده شد. سپس آزمودنی‌ها قبل از تست‌گیری حرکاتی جهت گرم کردن را انجام دادند که شامل ۵ دقیقه دویدن نرم و یک سری تمرینات کششی و انعطافی بود (شامل: کشش عضلات ساق پا، جلو ران، پشت ران، داخل و خارج زانو و کشش عضلات مفصل ران). سپس قد و وزن آزمودنی‌ها اندازه‌گیری و در فرم اطلاعات فردی ثبت گردید.

قبل از تست‌گیری تمامی آزمودنی‌ها حداقل لباس جهت نصب مارکرهای پوستی برای اندازه‌گیری فاکتورهای کینماتیکی مورد نظر را پوشیدند. برای اندازه‌گیری فاکتورهای کینماتیکی مورد نظر که شامل زاویه والگوس زانو، حداکثر خم شدن زانو و حداکثر چرخش درشت‌نی در طول مرحله فرود بود، مارکرگذاری به شیوه سه‌بعدی انجام شد. به این صورت که بر روی هر یک از اندام‌های ساق و ران ۳ عدد مارکر (جمعا ۶ عدد)[۱۳] با قطر ۱۹ میلی‌متر به صورت غیر هم‌راستا نصب شد. تمامی مارکرها در سطح خارجی اندام‌ها نصب شد (شکل ۲). سیستم تصویربرداری جهت ثبت حرکات دستگاه آنالیز سه‌بعدی حرکات (3D Motion Analysis System) ساخت کشور آمریکا مدل Raptor-H، Digital Real Time System با ۶ دوربین اپتوالکتریک مادون قرمز بود.

**تصویر ۲: روش مارکرگذاری جهت آنالیز سه‌بعدی حرکت**

پس از گرم کردن هر فرد از حداقل لباس ممکن استفاده کرده و هیچ پوشش دیگری در اندام تحتانی خود نداشت.

## اجرای پروتکل فرود

ارتفاع فرود برای تمامی آزمودنی‌ها یکسان و معادل ۴۵ سانتی‌متر بود. برد افقی فرود توسط خطی که در فاصله ۴۰ سانتی‌متری از جعبه کشیده شده بود، کنترل شد و آزمودنی‌ها می‌بایست به گونه‌ای فرود بیایند که پای آنها خط را قطع نکند. ابتدا آزمودنی با بدنی صاف و کشیده بر روی جعبه ایستاد، سپس با علامت (شنیدن صدای بوق سیستم آنالیز حرکت) با پای غیربرتر بر روی زمین فرود آمد، بعد از فرود آزمودنی با باز کردن مفاصل اندام تحتانی و تنه دوباره به صورت صاف و کشیده ایستاد تا برای بار دوم صدای علامت را بشنود و تا شنیدن صدای علامت بی‌حرکت ایستاد. از هر آزمودنی ۳ بار تست‌گیری به عمل آمد. در پایان میانگینی از ۳ فرود آزمودنی‌ها برای فاکتورهای اندازه‌گیری‌شده مورد استفاده قرار گرفت. داده‌ها پس از خروج از سیستم آنالیز حرکت توسط نرم‌افزار MATLAB نسخه R2012a


www.SID.ir

Archive of SID

جهت به دست آوردن زوایای مورد نظر تجزیه شد. در نهایت پس از جمع‌آوری داده‌ها، از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ برای تحلیل آماری داده‌ها استفاده گردید. برای بررسی شرط طبیعی بودن و استقلال داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک و علامت، از آزمون لوین برای بررسی همگنی واریانس‌ها استفاده شد و به منظور بررسی، حذف اثر متغییر مداخله‌گر و مقایسه آزمودنی‌ها از روش آماری کواریانس استفاده شد.

## یافته‌ها

نتایج آزمون آماری تحلیل کوواریانس نشان داد (جدول شماره ۲) که بین میزان زاویه والگوس زانو در پیش‌آزمون و پس‌آزمون تمرینات ایزومتریک چندزاویه‌ای اختلاف معناداری وجود دارد (F=۵/۵۱۳ ،P=۰/۰۲۹)، بین میزان عمیق‌ترین زاویه خم شدن مفصل زانو در پیش-آزمون و پس‌آزمون تمرینات ایزومتریک چندزاویه‌ای اختلاف معناداری وجود دارد (F=۱۴/۹۷۱ ،P=۰/۰۰۱) و بین میزان زاویه چرخش درشتنی در پیش‌آزمون و پس‌آزمون تمرینات ایزومتریک چندزاویه‌ای اختلاف معناداری وجود دارد (F=۲۸/۶۵۲ ،P=۰/۰۰۰). جدول شماره ۳ تغییرات میانگین و انحراف استاندارد گروه‌های تجربی و کنترل را در پیش‌آزمون و پس‌آزمون نشان می‌دهد.

**جدول ۲: نتایج آزمون آماری متغییرهای والگوس زانو، عمیق‌ترین زاویه خم شدن زانو، چرخش درشتنی**

| فاکتورها | p | μ |
|---|---|---|
| **والگوس** | ۰/۰۲۹ | ۰/۱۷۰ |
| **عمیق‌ترین زاویه خم شدن** | ۰/۰۰۱ | ۰/۳۶۵ |
| **چرخش درشتنی** | ۰/۰۰۰ | ۰/۵۲۴ |

شرح علائم: P= میزان معناداری، μ=اندازه اثر

**جدول ۳: تغییرات میانگین و انحراف استاندارد گروه‌های تجربی و کنترل را در پیش‌آزمون و پس‌آزمون**

| فاکتورها | گروه | mean±SD | |
|---|---|---|---|
| | | پیش‌آزمون | پس‌آزمون |
| **والگوس** | **تجربی** | −۲۵,۷۵±۷,۴۸ | −۱۶,۶۶±۶,۷۹ |
| | **کنترل** | −۱۹,۳۵±۸,۶۰ | −۱۷,۸۸±۱۰,۳۷ |
| **عمیق‌ترین زاویه خم شدن** | **تجربی** | −۵۶,۷۲±۱۲,۷۰ | −۷۲,۹۴±۱۱,۳۸ |
| | **کنترل** | −۴۸,۸۱±۶,۹۳ | −۵۱,۱۱±۸,۷۱ |
| **چرخش درشتنی** | **تجربی** | −۱۶,۷۵±۴,۳۳ | −۳,۶۵±۷,۴۴ |
| | **کنترل** | −۱۰,۴۹±۶,۹۵ | −۹,۹۲±۶,۸۲ |

شرح علائم: mean: میانگین، SD: انحراف استاندارد

## بحث

نتایج تحقیقات پیشین اظهار می‌دارد که همواره پایداری مفصل زانوی ورزشکاران از دغدغه‌های مربیان بدن‌ساز، بازیکنان و سرمربیان تیم-های ورزشی بوده است. همچنان که مطالعات گذشته بیانگر آن است که میزان آسیب‌های اندام تحتانی، به ویژه زانو پس از سالیان متمادی و با استفاده از روش‌های علمی و مدرن تمرینی کماکان در بالاترین سطوح آسیب‌های ورزشی قرار دارد.[۱۴] برای رفع این مشکل تاکنون اقدامات درمانی زیادی انجام شده است که از میان آنها روش‌های غیرجراحی و غیردارویی همچون تمرین، مورد توجه پژوهشگران بوده تا با استفاده از روش‌های پیشگیرانه تمرین که منطبق بر فعالیت بازیکنان است آنها را از آسیب‌های زانو مصون دارند.[۱۵، ۱۶]

هدف تحقیق حاضر مقایسه فاکتورهای منتخب کینماتیکی مفصل زانوی مردان در هنگام فرود تک‌پا از جعبه پس از اعمال شش هفته تمرینات ایزومتریک چندزاویه‌ای بر روی گروه‌های عضلانی خم‌کننده و بازکننده مفصل زانو بود. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که هر سه فاکتور والگوس زانو، عمیق‌ترین زاویه خم شدن زانو و چرخش درشتنی در نتیجه اعمال پروتکل تمرینی شش هفته‌ای ایزومتریک چندزاویه‌ای بر روی عضلات خم‌کننده و بازکننده این مفصل تغییرات معناداری را نشان دادند.

در مقایسه بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه تجربی تحقیق حاضر، افزایش عمیق‌ترین زاویه خم شدن زانو مشاهده شد. برخی از مطالعات بیان می‌دارند بین فلکشن زانو و احتمال آسیب لیگامنت صلیبی قدامی ارتباط وجود دارد و بیشتر این آسیب‌ها در زوایای نزدیک به اکستنشن کامل اتفاق می‌افتد.[۱۷] از طرفی دیگر، نیروی برشی قدامی[۳] اصلی‌ترین عامل تعیین‌کننده در میزان بار وارد آمده بر لیگامنت

[3] Anterior Shear Force


www.SID.ir

Archive of SID

صلیبی قدامی است.[۱۸] بنابراین زمانی که مقدار فلکشن زانو بیشتر می‌شود، زاویه بین تاندون پتلا و تیبیا افزایش می‌یابد و نیروی حاصل از انقباض گروه عضلات چهارسرران در پروگزیمال تیبیا، نیروی برشی قدامی کمتری تولید می‌کند و دلیلی بر کاهش نیروی وارد بر لیگامنت صلیبی قدامی می‌شود.[۱۹] نظریه‌ای وجود دارد که عنوان می‌کند نیروی قدرتمندی که عضله چهارسرران در زمان کم بودن زاویه فلکشن زانو تولید می‌کند، می‌تواند نیروی جلو برنده‌ای را به وجود آورد که سبب پارگی رباط صلیبی قدامی شود.[۲۰] از طرف دیگر، ضعف عضلات همسترینگ نسبت به چهارسر می‌تواند این مکانیسم آسیب را تشدید کند[۲۱]؛ لذا برای پیشگیری، تمرینات می‌بایست نسبت نیروی عضلات چهارسر به عضلات همسترینگ را متناسب نمایند. از آنجایی که همسترینگ در استحکام زانو همکار لیگامنت صلیبی قدامی است و تقویت آن موجب کاهش آسیب از طریق کنترل حرکت مفصل زانو در سطح ساجیتال می‌شود، در تمرینات ایزومتریک چندزاویه‌ای تحقیق حاضر با تقویت عضلات همسترینگ نیروی جلو برنده درشت‌نی در لحظه فرود از جانب عضله چهارسر با مقاومت همسترینگ کاهش پیدا کرده و از راستای نامناسب در زانو جلوگیری می‌کند. چاپل و همکاران گزارش کردند برنامه تمرینی عصبی–عضلانی، باعث افزایش در زاویه بیشینه فلکشن زانو در حین تکلیف حرکتی فرود–پرش ورزشکاران می‌شود.[۲۲] این نتایج بیان می‌کند که تمرین عصبی–عضلانی از طریق برنامه تمرینات ایزومتریک چندزاویه‌ای می‌تواند به طور مثبت استراتژی‌های حرکتی ورزشکاران را اصلاح کند.

از نتایج تحقیق کنونی کاهش زاویه والگوس زانوی مردان در نتیجه شش هفته برنامه تمرینی ایزومتریک چندزاویه‌ای می‌باشد. محدودیت-های مفصلی و لیگامنتی در صفحه فرونتال، دامنه حرکتی در این صفحه را در مقایسه با صفحه حرکتی ساجیتال کوچکتر کرده است.[۲۳] بنابراین کنترل عصبی–عضلانی زانو در صفحه فرونتال، نقش مهمی در حفظ سلامت لیگامنت صلیبی قدامی حین فعالیت‌های ورزشی دارد؛ چرا که میزان گشتاورهای تولیدی حول محور مفصل زانو در این صفحه ارتباط نزدیکی با آسیب لیگامنت صلیبی قدامی دارد.[۲۴] در این بین زاویه والگوس زانو هنگام فعالیت‌های ورزشی یکی از قوی‌ترین پیش‌بینی‌کننده‌های آسیب لیگامنت صلیبی قدامی به شمار می‌رود و میزان آن ارتباط مستقیمی با میزان گشتاور ابداکتوری وارد بر این مفصل دارد.[۲۵] از طرفی دیگر، نتایج برخی تحقیقات بیانگر آن است که تمرینات عصبی–عضلانی می‌تواند آسیب‌های لیگامنت صلیبی قدامی ناشی از والگوس ترکیبی را کاهش دهد.[۲۶] بنابراین برنامه‌های تمرینی تحقیق حاضر مشابه با تمرینات عصبی–عضلانی دیگر پژوهش‌ها با تاکید بر تقویت و بالا بردن سطح آگاهی مفصل زانو و ارتقای توان انفجاری این عضلات، زاویه والگوس زانو را کاهش داده و سبب بهبود عملکرد آن شد.

در همین راستا مئیر[۴] و همکاران در سال ۲۰۰۶ با ارائه یک برنامه تمرینی پیشگیرانه در دو گروه که شامل گروه تمرینات پلایومتریک و گروه تمرینات تعادلی بودند، مشاهده کردند که زاویه والگوس زانو هر دو گروه در فرود از یک پله آنها کاهش معناداری یافته است.[۲۷] همچنین دیستفانو[۵] و همکاران نتایج مشابهی را در جمعیت جوان و دبیرستانی یافتند. آنها تکنیک فرود ۱۷۳ ورزشکار را در آغاز فصل مسابقات فوتبال و دوباره متعاقب برنامه تمرینی بررسی نمودند. بعد از برنامه تمرینی کاهش معناداری در خطاهای فرود (از جمله والگوس زانو) وجود داشت و ورزشکاران با نمره‌های بالا در آغاز فصل بیشترین مقدار بهبود را نشان دادند.[۲۸] این نتایج بیان می‌کند که خطاهای فرود و فاکتورهای خطری که می‌تواند باعث افزایش خطر آسیب لیگامنت صلیبی قدامی شود، می‌تواند از طریق برنامه‌های پیشگیری از آسیب مورد هدف قرار گرفته و اصلاح شود. از طرفی دیگر، اثر ۶ هفته برنامه پیشگیری از آسیب لیگامنت صلیبی قدامی درون فصل بر کینماتیک ران و زانو طی عمل فرود در تحقیق پولارد[۶] و همکاران (۲۰۰۶) بررسی شد.[۲۹] این برنامه شامل تمرینات کششی، قدرتی پلایومتریک و چابکی بود که در آن ۱۸ بازیکن زن فوتبال بین سنین ۱۴ تا ۱۷ سال در این تحقیق شرکت کردند. کینماتیک سه‌بعدی ران و زانو طی عمل فرود ارزیابی شده و مقادیر حداکثر زاویه مفاصل ران و زانو طی مرحله کاهش شتاب، قبل و بعد تمرینات مقایسه شد. نتایج نشان داد متعاقب تمرینات، چرخش داخلی ران کاهش و ابداکشن ران افزایش پیدا کرد، اما تغییری در زاویه والگوس و فلکشن زانو در پس‌آزمون مشاهده نشد. این گزارشات با تحقیق حاضر همسو نمی‌باشد. اندازه آناتومیکی لگن در زنان نسبت به مردان بیشتر است و ضعف ابداکتورهای ران، ران را به هایپرآداکشن متمایل می‌کند و در ازای آن درشت‌نی در حالتی جبرانی به طرف آبداکشن می‌رود و در نتیجه والگوس زانو بیشتر می‌شود[۳۰]؛ لذا پاسخ تمرین به نوع جنسیت می‌تواند متفاوت باشد. از سوی دیگر، مدت زمان تمرین در تغییرات فیزیولوژیکی بدن نسبت به تمرین حائز اهمیت است[۳۰]، لیکن برای ارزیابی دقیق اثر تمرینات، تعداد جلسات و هفته‌های آن می‌تواند مهم تلقی شود. حال این امکان وجود دارد که تفاوت جنسیت و یا مدت زمان تمرین سبب نتایج متناقض در دو تحقیق شده است.

از دیگر نتایج پژوهش کنونی این است که برنامه تمرینی ایزومتریک چندزاویه‌ای توانسته است اثر بالا و مطلوبی بر کاهش زاویه چرخش خارجی درشت‌نی شرکت‌کننده‌ها در هنگام فرود داشته باشد. با توجه به اینکه تحقیقات کینماتیکی زانو در سطح حرکتی هوریزنتال فقط به صورت سه‌بعدی قابل بررسی است، لذا تحقیقات کمتری به این نوع روش ارزیابی پرداخته و اکثر این تحقیقات مکانیسم آسیب در این سطح را وابسته به سطوح دیگر دانسته‌اند. همان‌طور که مطالعات ویدئویی نشان داد آسیب‌های غیربرخوردی لیگامنت صلیبی قدامی با

[4] Myer et al
[5] Distefano et al
[6] Pollard et al


www.SID.ir

Archive of SID

حداقل فلکشن و اغلب با "والگوس" به صورت حرکات چرخشی زانو در صفحه هوریزنتال رخ می‌دهد و کنترل عصبی-عضلانی را دچار اختلال می‌کند و همچنین احتمال آسیب‌دیدگی را در این صفحه افزایش می‌دهد.[۱۷، ۳۰] از طرفی دیگر، تمرینات عصبی-عضلانی نشان داده است که می‌تواند از بروز چنین آسیب‌هایی پیشگیری کند.[۳۱] همچنان که تمرینات ایزومتریک چندزاویه‌ای در تحقیق حاضر نیز توانسته است بر کاهش چرخش خارجی درشت‌نی تاثیرگذار باشد.

## نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تاثیر تمرینات بین گروه تجربی (ایزومتریک چندزاویه‌ای) و کنترل تفاوت معناداری با یکدیگر داشتند؛ بنابراین به نظر می‌رسد که تمرینات ایزومتریک چندزاویه‌ای ممکن است راهکار مناسبی برای پیشگیری از آسیب لیگامنت صلیبی قدامی باشد. توصیه می‌شود مربیان، باشگاه‌ها و تیم‌های ورزشی، متخصصان علوم توانبخشی، فیزیوتراپیست‌ها و کاردرمان‌ها از این تمرینات جهت پیشگیری از آسیب لیگامنت صلیبی قدامی در افراد استفاده کنند.

## تشکر و قدردانی

مقاله حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته بیومکانیک ورزشی دانشگاه شهید باهنر کرمان به راهنمایی دکتر محمدرضا امیر سیف‌الدینی و مشاوره دکتر روح‌الله نیکویی می‌باشد. از تمامی آزمودنی‌های تحقیق جهت همکاری با محقق و همچنین از آقایان سعید ملاحسینی و میلاد فلاح‌زاده جهت همکاری در روند تحقیق تشکر و قدردانی می‌شود.

## منابع

1. Zahedi M, Daneshjoo A, Sahebozamani M, Sadeghi-Gogheri M . Comparison of the Effects of Hopping and Box Jump Training on the Proprioception in Males with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. J Rehab Med. 2018; 7(3): 1-9
2. Sigward, S., & Powers, C. M. (2006). The Influence of Experience on Knee Mechanics during Side-Step Cutting in Females. Clinical Biomechanics, 21(7), 740-747.
3. Shahidi Zandi Z, Amir-seifoddini M, Amiri-khorasani MT. Evaluation of Lower Extremity Kinematic Characteristics during Single-Leg Landing from Different Heights in Patients with Knee Valgus Deformity J Rehab Med. 2017; 6(1): 122 -131.
4. Decker, M. J., Torry, M. R., Noonan, TJ, Riviere, A. M. Y., & Sterett, W. I. (2002). Landing Adaptations after ACL Reconstruction. Medicine and Science in Sports and Exercise, 34(9), 1408-1413.
5. Bates, N. A., Ford, K. R., Myer, G. D., & Hewett, T. E. Impact Differences in Reaction Force and Center of Mass between the First and Second Landing Phases of a Drop Vertical Jump and Their Implications for Injury Risk Assessment. Journal of Biomechanics, 2013. 46(7); 1237-1241.
6. Sang Eun Park, Thomas J.Gill, Harry E. Rubash. Erratum to "The change in length of the medial and lateral collateral ligaments during in vivo knee flexion. Elsevier 13 (2006) 77 – 82.
7. H koga, A nakamae, y shima.(2010) Mechanisms for noncontact anterior cruciate ligament injuries: knee joint kinematics in 10 injury situations from female team handball and basketball. Sagepub
8. Mohamadi H, Daneshmandi H, Alizadeh MH, Shams majelan A.(2014) The Effect of ACL Intervention Programs on the Improvement of Neuromuscular Deficiencies and Reducing the Incidence of ACL Injury.159-169
9. Kisner C.(2002).Therapeutic exercise foundations and techniques.
10. Jonathan P Folland. Isometric training at a range of joint angles versus dynamic training, Journal of Sports Sciences
11. Jacson k ,The Effect of an Isometric Strength Training Protocol on Valgus Angle During a Drop-Jump Landing in Elite Female Volleyball Players, 2015
12. Daneshmandi H, Rahmaninia F, Shahrokhi H, Rahmani P, Esmaeili S. Shoulder joint flexibility in top athletes. Journal of Biomedical science and Engineering 2010؛ 3: 811-15
13. Winter D A(2009). Biomechanics and Motor Control of Human Movement. John Wiley & Sons.
14. Dvorak J. 2011. Osteoarthritis in football: FIFA/F-MARC approach. Br J Sports Med.45:673-6.
15. Faude O, Robber R, Junge A. 2013. Football injuries in children and adolescent players: Are there clues for prevention? Sport Med. 43: 819–837.
16. Hawkins R, Hulse M, Wilkinson C, Hodson A, Gibson M. 2001. The association football medical research program: an audit of injuries in professional football. Br J Sports Med. 35:43-7.
17. Boden BP, et al. 2000. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. J Orthop. 23(6): 573.
18. Markolf KL, Burchfield DM, Shapiro MM, Shepard MF, Finerman GA, Slauterbeck JL. 1995. Combined knee loading states that generate high anterior cruciate ligament forces. J Orthop Res. 13(6): 930-5.
19. Nunley RM, Wright D, Renner JB, Yu B, Garrett WE. 2003. Gender comparison of patellar tendon tibial shaft angle with weight bearing. Res Sports Med.11(3): 173-85.
20. Yu B, Lin CF, Garrett WE. 2006. Lower extremity biomechanics during the landing of a stop-jump task. Clin Biomech ( Bristol, Avon). 21: 297-305.


www.SID.ir

Archive of SID
21. EM, Wylie BB, Huston LJ. 1996. The effects of muscle fatigue on neuromuscular function and anterior tibial translation in healthy knees. Am J Sports Med. 24:615 – 621.
22. Chappell JD, Limpisvasti O. 2008. Effect of neuromuscular training program on the kinetics and kinematics of jumping tasks. Am J Sports Med. 36(6):1081-1086.
23. Markolf KL, Mensch JS, Amstutz HC. 1976. Stiffness and laxity of the knee – the contributions of the supporting structures. A quantitative in vitor study. J Bone Jonint Surg. 58:583 – 594.
24. Hewett T E, Myer GD, Ford KR. 2005. 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. 33:492–501.
25. McLean SG, Huang X, Bogert AJ. 2005. Association between lower extremity posture at contact and peak knee valgus moment during sidestepping: implications for ACL injury. Clin Biomech. 20(8): 863-70.
26. Mandelbaum BR, Silvers HJ, Watanabe DS, Knarr JF, Thomas SD, Griffin LY , Kirkendall DT, and Garrett W Jr. 2005. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes. 2-year follow – up. Am J Sports Med. 33:1003–1010.
27. Myer GD, Ford KR, McLean SG, Hewett TE. 2006. The effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics. Am J Sports Med. 34:445– 455.
28. Distefano LJ, Padua DA, Distefano MJ, Marshall SW. 2009. Influnce of age, sex, technique and exersice programe on movement patterns after an anterior cruciate ligament injury prevention program in youth soccer players. Am J Sports Med.37(3):495-505.
29. Pollard CD, Sigward SM, Ota S, Langford K, Powers CM. 2006. The influence of inseason injury prevention training on lowerextremity kinematics during landing in female soccer players. Clin J Sport Med. 16:223–227.
30. Krosshaug T, Nakamae A, Boden BP. 2007. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: Video analysis of 39 cases. Am J Sports Med. 35:359–367.
31. Hrysomallis C. 2007. Relationship between balance ability, traing and sport injury risk. Sports Med. 37(6): 547–556.


www.SID.ir