

## مقایسه کینماتیک خطرساز آسیب رباط متقاطع قدامی بین زنان و مردان حین مانور برش

\* سید علی امامی هاشمی: دانشجوی دکتری تخصصی آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران (نویسنده مسئول).  
 aemami@ut.ac.ir  
 ندا رضوان خواه گلسفیدی: دانشجوی دکتری تخصصی آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.  
 n.rezvankhah@ut.ac.ir  
 الهام شیرزاد: استادیار، گروه طب ورزش، دانشکده تربیت بدنی دانشگاه تهران، تهران، ایران.  
 eshirzad@ut.ac.ir  
 سید حسین میرکریم پور: دانشجوی دکتری تخصصی آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی دانشگاه تهران، تهران، ایران.  
 shmirkarimpour@ut.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۴/۷/۵ تاریخ دریافت: ۹۴/۳/۲۶

### چکیده

**زمینه و هدف:** زنان و مردان به میزان قابل توجهی در میزان آسیبدیدگی رباط متقاطع قدامی تفاوت دارند. بر اساس پیشینه عامل جنسیت خصوصاً در ساز و کار غیر برخوردي آسیب رباط متقاطع قدامی به طور معناداری مشارکت دارد. هدف از پژوهش حاضر مقایسه الگوهای حرکتی پرخطر آسیب رباط متقاطع قدامی حین مانور برش بین زنان و مردان بود.

**روش کار:** ۱۳ زن و ۱۳ مرد از بازیکنان ملی پوش اسکوаш به ترتیب با میانگین سنی  $۲۴/۷ \pm ۴/۱$  و  $۲۳/۰ \pm ۰/۶$  به عنوان آزمودنی انتخاب شدند. نشانگرهای بازتابی بر روی نقاط منتخب تنہ و پایین تنہ نصب و مانور برش آنها با ۲ دوربین پرسرعت از نمای قدامی و طرفی ثبت شد. سپس تحلیل ویدئویی مانور توسط نرم افزار WinAnalyze انجام و داده های نهایی در نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ با آزمون آماری تی مستقل و در سطح معناداری  $0/05$  مورد محاسبه قرار گرفت.

**یافته ها:** در لحظه تماس اولیه، تفاوت معناداری در زوایای ولگوس ( $p=0/013$ ) و خم شدن زانو ( $p=0/001$ ) و نیز خم شدن تنہ ( $p=0/001$ ) بین مردان و زنان وجود دارد. همچنین در مرحله میانی سکون، تنها در زاویه خم شدن تنہ ( $p=0/009$ ) تفاوت معنادار بود ( $p \leq 0/05$ ).

**نتیجه گیری:** بر اساس نتایج زنان در حین انجام مانور برش به طور واضحی، ولگوس زانو افزایش یافته و باز شدگی زانو بیشتری در مقایسه با گروه مردان داشتند و همچنین تنه خود را کمتر خم کردند این عوامل می تواند توجیهی برای پتانسیل بیشتر خطر آسیب رباط صلیبی در بین زنان باشد.

**کلیدواژه ها:** آسیب رباط متقاطع قدامی، مانور برش، جنسیت، الگوهای حرکتی پرخطر

داشتند (۳). همچنین میزان موفقیت در جراحی برای بازسازی رباط، برگشت بازیکنان به ورزش پس از دوره توانبخشی و خطر آسیب دوباره آنها نیز از موارد بحث محققان می باشد (۴) که اهمیت پیشگیری از وقوع این آسیب را نشان می دهد.

یافته ها حاکی از آن است که حدود ۷۵٪ آسیب های رباط صلیبی از نوع غیر برخوردي است (۱) و در طی فرود یا حرکات ورزشی پرخطر مثل مانور برش در مرحله میانی سکون (۳، ۸، ۹)، کاهش ناگهانی شتاب و یا تغییر جهت با سرعت بالا برای فرار از مدافعان پیش روی رخ می دهد. در

### مقدمه

آسیب رباط متقاطع قدامی (ACL) (Anterior Cruciate Ligament) از جمله متداول ترین آسیب هایی است که ورزشکاران از آن رنج می برند. به طور میانگین سالانه در ایالات متحده آمریکا تعداد ۸۰۰۰۰ آسیب رباط صلیبی گزارش می شود (۱). به شکل کلی ساز و کار این آسیب پیرو ایجاد فشاری روی زانو است که فرد به دلایلی نظیر اختلال در سیستم عصبی عضلانی نمی تواند آن را با ساختار اسکلتی عضلانی کنترل کند (۲). علاوه بر این پارگی رباط صلیبی می تواند ضعفی طولانی مدت مانند استئواتریت ثانوی را همراه

شكل تفاوت در الگوی حرکت نشان می‌دهد (۱۹). مطالعات متعددی به بررسی ویژگی‌های تکنیکی مرتبط با جنسیت و عملکرد زانو در هنگام مانور، برش و فعالیت‌های مشابه پرداخته‌اند (۲، ۱۴، ۳۲-۳۸)، الگوی حرکت، ویژگی‌های بار (مثل نقطه اثر، مقدار، جهت و ...) یا فشار وارد شده بر مفصل زانو، بخصوص رباط صلیبی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۹) به همین علت هرگونه تفاوت مشاهده شده در الگوی حرکت می‌تواند بیانگر تفاوت در خطر آسیب باشد.

شمار ورزشکاران زن در سال‌های اخیر به طور روز افروزی در حال افزایش است (۱۸، ۳۳، ۳۴). طبق گزارش‌ها، آمار آسیب‌دیدگی زنان چندین برابر مردان است (۱۸، ۳۷-۳۵) و آسیب‌های ورزشی در زانو (۳۸، ۳۳، ۳۵، ۳۴) و خصوصاً در رباط صلیبی (۴۳-۳۹) به‌طور معناداری در زنان نسبت به مردان بالاتر است، بهنحوی که زنان ۳ تا ۵ برابر بیشتر از همتایان ورزشی مرد خود به پارگی رباط صلیبی دچار می‌شوند (۴۴، ۴۵).

فورده و مکلین برای خم شدن زانو حین مرحله تماش اولیه و همچنین در بالاترین میزان خم شدن زانو طی مرحله میانی سکون، تفاوت معناداری نیافتند (۴۶، ۱۳) اما مالینزاك خم شدن کمتر زانو را طی مرحله میانی سکون برای زنان مشاهده کرد (۴۷) مکلین هم بیان کرد زانوی زنان در مرحله میانی سکون نسبت به مردان کمتر خم می‌شود (۲) به این ترتیب در مقایسه بین دو جنس و در قسمت زانو با وجود تفاوت گزارشات در زاویه خم شدن زانو حین انجام مانور برش عمده تحقیقات گذشته به اثر ولگوس افزایش یافته و بازشده‌گی بیشتر زانو زنان حین انجام مانور پرداخته‌اند (۲، ۴۶، ۱۳، ۴۷، ۲۵). ضمناً بیشتر تحقیقات روی اندام تحتانی متمرکز شده و اثرات بالاتنه و وضعیت قرار گیری آن بر تغییرات کینماتیکی اندام تحتانی خصوصاً افزایش نیروهای فشاری و برشی روی رباط صلیبی حین انجام مانور برش و تفاوت‌های احتمالی میان دو جنس به صورت جزئی مورد بحث قرار گرفته است. این

سال‌های اخیر تمرکز روی شناسایی ساز و کار غیربرخورده پارگی این رباط بیش از پیش مورد توجه است (۱). همچنین نتیجه بررسی‌های ویدئویی نشان می‌دهد آسیب پارگی رباط صلیبی ورزشکاران هنگام حرکات فرود و برش نسبت به حرکات رو به جلو بیشتر است (۱۰-۱۲). از مشخصه‌های این مانور اهمیت بالای سرعت در اجرای تکنیک و تغییر مسیر ناگهانی است. وقوع ناگهان دو عامل ذکر شده این مانور را برای بروز آسیب رباط صلیبی خطرآفرین می‌سازد (۲، ۵، ۸، ۱۳-۱۹). طبق تحقیقات گذشته پارگی رباط صلیبی غالباً در مرحله تماس اولیه و ۱۷ تا ۵۰ میلی ثانیه پس از تماس اولیه با زمین (۲۰) و در مرحله ابتدایی کاهش شتاب که شامل ۲۰٪ اول این مانور است رخ می‌دهد (۱۰). مارکولف و همکاران بیان کرده‌اند که بار وارد بر رباط صلیبی در زمانی که زانو در حالتی نزدیک به بازشده‌گی کامل قرار دارد بیشتر است (۲۱). علاوه در این وضعیت، نیروهای عکس‌العمل زمین، چرخش درشتنتی و لغزش قدامی درشتنتی نیز افزایش می‌یابد (۷، ۲۲، ۲۳). همچنین با کاهش زاویه خم شدن زانو، گشتاور ولگوس/ورووس زانو موجب افزایش بارگیری رباط صلیبی می‌شود (۲۴). مک‌لین و همکاران اظهار کرده‌اند که گشتاور ولگوس زانو اصلی ترین عامل در ایجاد بار بر روی رباط صلیبی در صفحه فرونتال می‌باشد (۲۵، ۲۶). علاوه براین، خم شدن جانبی تنہ و کاهش خم شدن تنہ از دیگر الگوهای خطرزا هستند که در مطالعات مربوط به آسیب رباط صلیبی و همچنین بررسی مانور برش کمتر مورد توجه قرار می‌گیرند. تحقیقات نشان داده‌اند که حرکت جانبی تنہ یکی از اجزای اصلی ساز و کار آسیب رباط صلیبی می‌باشد (۲۷). همچنین در صفحه ساجیتال، کاهش خم شدن تنہ موجب افزایش ولگوس و/یا فشار محوری می‌شود (۲۷).

به نظر می‌رسد تفاوت آسیب‌های میان ورزشکاران پیرو اثر گذاری ویژگی‌های متعددی است و تفاوت در بیشتر این ویژگی‌ها خود را به

**شیوه انجام آزمایش:** ابتدا پای برتر آزمودنی‌ها با آزمون شوت کردن توپ مشخص شد. سپس محدوده‌ای برای آزمون تعیین و روی زمین خطوطی با زوایای ۳۵ و ۵۵ درجه ترسیم شد. آزمودنی عمل دویدن را در بین خطوط و در زاویه ۴۵ درجه از فاصله ۷ متری با سرعت ۴/۵ تا ۷ متر بر ثانیه به سمت محل مشخص شده انجام داد. پس از پایان مسیر آزمودنی پای برتر خود را در وسط محل تعیین شده قرار داده سپس در مسیر مشخص شده بر اساس قرار گیری پای چپ یا راست، به ترتیب به راست یا چپ تغییر جهت داد. (این امر به دلیل همگن کردن شرایط انجام مانور برای تمامی آزمودنی‌ها بوده تا امکان مقایسه کینماتیکی فراهم آید). آزمودنی‌ها قبل از انجام آزمایش چندین بار حرکت مذکور را انجام دادند. بهمنظور برطرف نمودن خطاًی بین آزمون گران تمامی روند نصب نشانگرهای بازتابی روی بدنه توسط یک فرد و ضبط ویدئویی و در آخر آنالیز داده‌های ویدئویی بر روی نرم‌افزار توسط فردی دیگر انجام گرفت. جهت تصویربرداری زوایای مفصلی نشانگرهای بازتابی بر سر متابارسال پنجم، انتهای پاشنه پا، قوزک خارجی، ای کندیل خارجی زانو، وسط کشک، تروکانتر بزرگ، خار خاصره ای قدمای فو قانی و زائده آخرمی آزمودنی‌ها قرار داده شد.

دو دوربین سرعت بالا در محل انجام حرکت برش، و ضعیت آزمودنی را از نمای قدمای و جانی ثبت می‌کردند تا در لحظه تماس اولیه پا (Initial Stance) و مرحله میانی سکون (contact) زوایای خم شدن زانو و تنه از نمای جانبی (Sagittal) و فلکشن جانبی تنه و ولگوس زانو از نمای قدمای (Frontal) را ارزیابی کند. پس از بررسی و تحلیل فیلم هر آزمودنی، سرعت رسیدن به محل حرکت برش و میزان تغییر زوایای مفصلی وی در هر تلاش توسط نرم‌افزار اندازه‌گیری گردید همچنین هر آزمودنی سه بار حرکت برش را انجام داد و میانگین نتایج بدست آمده برای تحلیل آماری استفاده شد. برای زاویه باز شدن از علامت

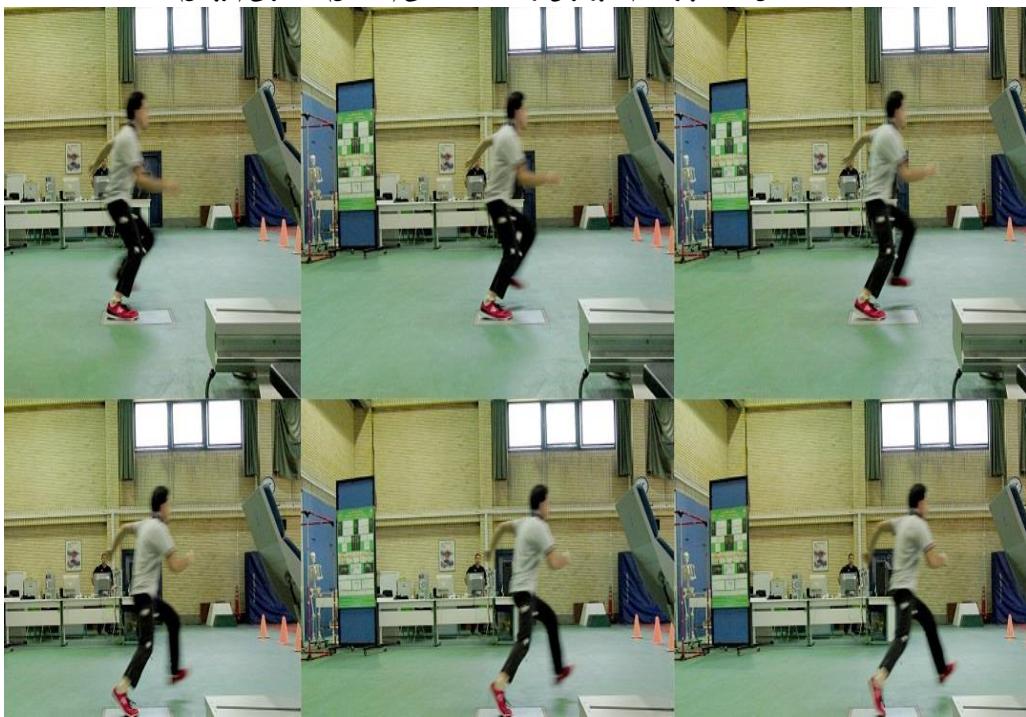
در حالی است که فهم اثر متقابل بین حرکت بالا تنہ و پایین تنہ حین انجام مانور، نگرش ما را از مکانیزم آسیب رباط صلیبی بهبود می‌بخشد. برای مثال، شتاب گرفتن تنہ در مانور اثر قابل توجهی روی خم شدن زانو و مفصل ران و احتمالاً اثر بیشتری روی ایجاد بار خارج از راستا، روی مفصل زانو خواهد داشت (۱۳).

الگوهای پرخطر میزان پارگی رباط صلیبی را افزایش می‌دهند، گلی و همکاران و مکلین و همکاران بیان کرده‌اند در حرکت مفصل زانو و نیروی وارد حین مانور برش تفاوت‌های جنسیتی، به عنوان عاملی مهم و اثرگذار، در پتانسیل آسیب غیربرخوردی رباط صلیبی نقش دارد (۹، ۱۴). اما نقش اختلاف جنسیتی در این میان چیست؟ و تفاوت الگوهای پرخطر در آسیب‌دیدگی رباط صلیبی بین زنان و مردان چگونه است؟ تحقیق حاضر قصد دارد با رویکرد ارزیابی آنالیز ویدئویی حین انجام مانور برش اثر بارهای وارد بر رباط صلیبی و بروز الگوهای حرکتی پرخطر در دو جنس را در صفحه ساجیتال (خم شدن زانو و تنہ) و در صفحه فرونالت (خم شدن جانی تنہ و زاویه ولگوس و روس زانو) مورد بررسی قرار دهد.

## روش کار

۲۶ نفر بازیکن اسکواش به تعداد ۱۳ زن با میانگین سنی  $۲۳/۰۶ \pm ۶/۶$  و ۱۳ مرد با میانگین  $۲۴/۷۵ \pm ۴/۱۸$  که در سطح باشگاهی و ملی بازی می‌کردند به عنوان آزمودنی انتخاب شدند از این تعداد حداقل نیمی از بازیکنان بیش از ۵ سال سابقه اسکواش داشتند. پیش از اجرای تحقیق پرسشنامه اطلاعات پزشکی و فرم رضایت‌نامه را تکمیل نموده و در یک جلسه توجیهی روش کار و طریقه اجرای صحیح آزمایش به آزمودنی‌ها گفته شد. سلامت آزمودنی‌ها و عدم آسیب‌دیدگی در اندام تحتانی پیش از ورود به آزمون بررسی شد همچنین آزمودنی‌ها دارای سابقه جراحی در اندام تحتانی، آرتربیت، مشکلات پزشکی یا عصبی نبودند.

شکل ۱- تصویر انجام مانور برش از نمای اف: قدامی (ساجیتال) ب: طرفی (فرونتال)



و میانی سکون کمتر از مردان خم کرده‌اند. زاویه خم شدن تنه در لحظه تماس اولیه برای زنان و در مرحله میانی سکون برای مردان، بیشتر بوده است. مقدار خم شدگی جانبی تنه در مردان بالاتر بوده و در زاویه ولگوس زانو و دامنه حرکتی زانو، زنان مقدار بیشتری را به خود اختصاص داده‌اند.

نتایج آزمون تی مستقل نشان می‌دهد تفاوت آماری معناداری بین مقدار زاویه خم شدن زانو در لحظه تماس اولیه، زاویه خم شدن تنه در مرحله میانی تماس اولیه و زاویه خم شدن تنه در مرحله سکون، همچنین زاویه ولگوس زانو در لحظه تماس اولیه، دامنه حرکتی زانو بین مردان و زنان تفاوت آماری معناداری وجود دارد ( $p < 0.05$ ). این در حالی است که در زاویه خم شدن زانو در مرحله میانی سکون، زاویه خم شدن جانبی تنه در لحظه تماس اولیه، زاویه خم شدن جانبی تنه در مرحله میانی سکون و زاویه ولگوس زانو در مرحله میانی سکون بین مردان و زنان تفاوت معناداری یافت نشد ( $p > 0.05$ ).

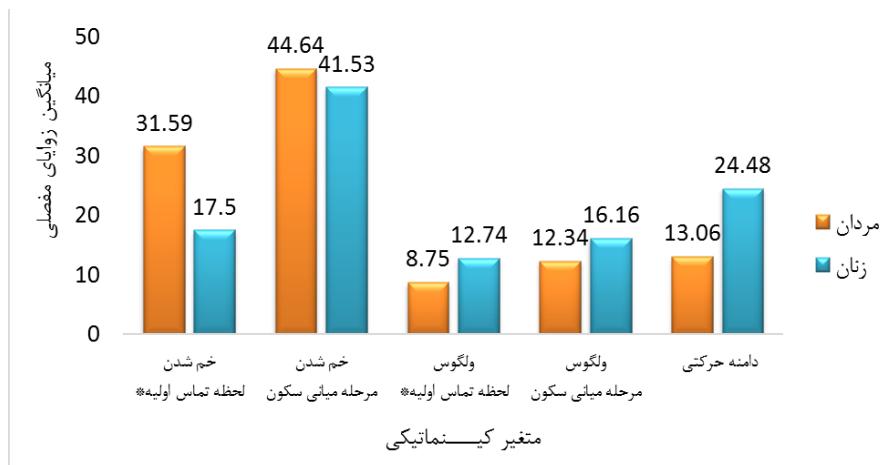
## بحث و نتیجه‌گیری

منفی استفاده گردید. ضبط ویدئو با استفاده از دوربین‌های سرعت بالای کاسیو مدل Exilim و با فرکانس ۳۰۰ هرتز انجام شد، آنالیز حرکات با نرمافزار WinAnalyze نسخه 3D 1-4 از شرکت Mikromak صورت گرفت (۴۸).

تحلیل آماری داده‌های تحقیق حاضر با نرمافزار SPSS نسخه ۲۱ انجام شد. در ابتدا نرمال بودن توزیع داده‌های بدست آمده از زاویای مفصل زانو و تنه با آزمون کولموگروف اسمرینوف (K-S) بررسی و سپس با آزمون آماری تی مستقل و سطح معناداری  $p \leq 0.05$  بررسی آماری نهایی روی داده‌ها انجام شد.

## یافته‌ها

این پژوهش بر روی ۲۶ بازیکن اسکواش زن و مرد (۱۳ زن و ۱۳ مرد) انجام شد. میانگین قد، وزن در افراد دوگروه در جدول ۱ ارائه شده است. داده‌های بدست آمده از زاویای مفصل زانو و تنه به ترتیب در نمودارهای ۱ و ۲ نشان داده شده است. طبق داده‌های نمایش داده شده در نمودار بالا زانوی خود را در هر دو مرحله تماس اولیه

نمودار ۱- زوایای بدست آمده مفصل زانو در حرکت برش (علامت \* نشان دهنده معناداری تفاوت بین میانگین ها در سطح  $p \leq 0.05$  بوده است).نمودار ۲- زوایای بدست آمده تنها در حرکت برش (علامت \* نشان دهنده معناداری تفاوت بین میانگین ها در سطح  $p \leq 0.05$  بوده است).

تحقیق حاضر حداکثر میان زاویه خم شدن زانو در لحظه تماس اولیه بین مردان و زنان تفاوت معناداری وجود دارد اما در مرحله میانی سکون، تفاوت معنادار نبود. تحقیقاتی که به تأثیر جنسیت بر میزان خم شدن زانو پرداخته‌اند، نتایج کاملاً متفاوتی دارند. فورد و مکلین برای خم شدن زانو حین مرحله تماس اولیه و همچنین در بالاترین میزان خم شدن زانو طی مرحله میانی سکون، تفاوت معناداری نیافتند (۴۹، ۱۴) اما مالینزاك خم شدن کمتر زانو را طی مرحله میانی سکون برای زنان مشاهده کرد (۵۰)، از این رو یافته‌ها با نتایج فورد و مکلین در مرحله میانی سکون همسو

تحقیق حاضر بر روی جمعیت اسکواش کار حرفه‌ای و ملی پوش کشور انجام شده. مانور برش به وفور ورزش اسکواش به کار می‌رود اما تحقیقی با ویژگی‌های کینماتیکی این بازیکنان شکل نگرفته است. این تحقیق علاوه بر اختلاف جنسیت به صورت جزئی به رخدادهای کینماتیکی بدن در حین انجام این مانور در بین ورزشکاران پرداخته است. در عین حال تحقیقات مشابه کمتر بطور جامع و همزمان روی اندام تحتانی و فوقانی آنالیز و یدئویی انجام داده است. همچنین داده‌های خروجی مطالعه پیش رو به صورت جزئی در لحظات تماس و میانی سکون استخراج شده است.

جدول ۱- میانگین و انحراف استاندارد مشخصات عمومی آزمودنی ها

| شاخص توده بدنی (BMI) | وزن (کیلوگرم) | قد (سانتی متر) | سن (سال)  |       |
|----------------------|---------------|----------------|-----------|-------|
| ۲۴/۳±۳۶              | ۷۸/۸±۷/۸      | ۱۷۹/۹±۵/۸      | ۲۴/۷±۴/۱  | مردان |
| ۲۳/۱±۷۲              | ۶۱/۶۰±۵/۰     | ۱۶۳/۳±۵/۴      | ۲۳/۰۴±۶/۶ | زن    |

جدول ۲- آمار توصیفی و نتایج آزمون تی مستقل در زوایای مفصلی اندازه گیری شده بین مردان و زنان حین مانور برش

| صفحه<br>ساجیتل                             | متغیر   | میانگین زنان | انحراف معیار زنان | میانگین مردان | انحراف معیار مردان | میانداری |
|--|---------|--------------|-------------------|---------------|--------------------|----------|
| زاویه خم شدن زانو در لحظه تماس اولیه       | ۱۷/۰۴۶۶ | ۴/۵۶۲۴۴      | ۳۱/۵۸۶۲           | ۱۳/۳۶۵۹۶      | *۰/۰۰۱             | *        |
| زاویه خم شدن زانو در مرحله میانی سکون      | ۴۱/۵۳۱۶ | ۶/۶۷۳۲۴      | ۴۴/۶۴۴۶           | ۶/۴۳۲۷۲       | ۰/۲۳۸              |          |
| زاویه خم شدن تنه در لحظه تماس اولیه        | ۵/۴۸۱۵  | ۴/۴۸۸۵۵      | -۱/۰۳۳۷           | ۴/۱۰۲۴۷       | *۰/۰۰۱             |          |
| زاویه خم شدن تنه در مرحله میانی سکون       | ۲/۴۷۲۸  | ۶/۵۳۳۹۷      | -۵/۵۴۰۵           | ۷/۸۷۱۵۴       | *۰/۰۰۹             |          |
| زاویه خم شدن جانبی تنه در لحظه تماس اولیه  | -۱/۹۹۷۹ | ۱۰/۰۹۸۱۴     | -۷/۵۵۰۵           | ۹/۸۵۲۷۸       | ۰/۱۶۹              | فروتال   |
| زاویه خم شدن جانبی تنه در مرحله میانی سکون | -۲/۶۲۲۸ | ۱۱/۵۹۶۵۹     | -۵/۳۴۲۲           | ۱۱/۸۱۷۴۹      | ۰/۰۵۹              |          |
| زاویه ولگوس زانو در لحظه تماس اولیه        | ۱۲/۷۴۳۹ | ۲/۵۱۸۶۵      | ۹/۱۲۸۰            | ۴/۱۹۰۳۸       | *۰/۰۱۳             |          |
| زاویه ولگوس زانو در مرحله میانی سکون       | ۱۶/۱۶۰۰ | ۳/۲۴۷۸۲      | ۱۳/۶۵۲۴           | ۳/۷۴۶۶۹       | ۰/۰۸۱              |          |

تغییر کینماتیک اندام تحتانی، پتانسیل آسیب رباط صلیبی را کاهش خواهد داد. همچنین وی دریافت که خم کردن بیشتر تنه باعث افزایش خم شدن زانو خواهد شد در این صورت می‌توان گفت افزایش خم شدن تنه تأثیر غیر مستقیمی روی میزان بار وارد بر رباط صلیبی می‌گذارد (۵۱). مک‌لین در مطالعه‌ای با استفاده از آنالیز سه بعدی به بررسی مانور طرفی پرداخت، وی در این تحقیق در مورد نقش و اثر متقابل حرکت بالا تنه روی وضعیت اندام تحتانی بحثی نکرده است (۲). شایان ذکر است مطالعات گذشته عمده‌تا روی اثر کینماتیک اندام تحتانی در آسیب‌دیدگی رباط صلیبی متمرکز شده اند و پژوهشی که فاکتورهای جنسیت، مانور بر شی و خم شدن تنه را در کنار هم مورد توجه قرار دهد، یافت نشد.

یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج بدست آمده فورد و هم‌کاران، بندجامین و هم‌کاران، بیالی و هم‌کاران و شجاعی و امیری در ولگوس افزایش یافته زنان نسبت به مردان هم‌سو است (۴۶، ۴۹، ۵۳، ۵۴) ایشان در پژوهش خود فرضیه‌ای را مبنی بر اینکه زنان ولگوس زانوی افزایش یافته‌ای را نسبت به مردان در مانور برشی نشان می‌دهند، مطرح و اثبات می‌کنند. همچنین اظهار می‌کنند زنان ولگوس زانوی بیشتری در لحظه تماس اولیه داشتند (۴۹). گفته می‌شود ایجاد ولگوس زانو در افراد احتمالاً به خاطر غلبه رباطی آنهاست که عامل آسیب زایی برای رباط صلیبی می‌باشد (۵۵). پدیده غلبه رباطی در مقابل غلبه عضلانی قرار دارد و به این معناست که فرد در حین انجام

و با یافته مالینزاك ناهمسو می‌باشد، علت این امر می‌تواند تفاوت در شیوه آزمون و آزمودنی‌ها در پژوهش‌های مذکور باشد. مکلین هم بیان کرد زانوی زنان در مرحله میانی سکون نسبت به مردان کمتر خم می‌شود (۲). زمانی که زانو شروع به خم شدن می‌کند، زاویه ایندرس شن تاندون کشککی نسبت به محور طولی درشت‌تنی کاهش پیدا می‌کند (۴۷). این تغییر در جهت تاندون کشککی، اثر عمیقی روی تغییر نیروی برشی درشت‌تنی دارد. بدین ترتیب خم شدن بیشتر زانو با کاهش نیروی برشی ایجاد شده از سمت درشت‌تنی می‌تواند میزان بار وارد شده بر رباط صلیبی را کاهش دهد (۵۱). در آزمون انجام شده، زاویه خم شدن زانوی زنان به‌طور متوسط نسبت به مردان کمتر می‌باشد و این اختلاف در لحظه تماس اولیه معنادار بوده است.

پژوهش حاضر میان خم شدن تنه زنان و مردان در لحظه تماس اولیه و میانی سکون اختلاف معناداری یافت و در خم شدگی جانبی تنه تفاوت معناداری بین دو گروه مشاهده نشد. گریفین عنوان می‌کند زنان حین اجرای مانور برشی و ضعیت خود را بی‌شتر از مردان در وضعيت قائم قرار می‌دهند. این باز شدن تنه با باز شدن هیپ و زانو همراه است (۱) و به این ترتیب زنان به صورت تئوریک بیشتر در معرض آسیب رباط صلیبی قرار دارند. همراهی این رخداد با افزایش ولگوس زانو و فعالیت عضله چهارسر رانی، خطر آسیب‌دیدگی رباط صلیبی را بالا می‌برد (۵۲). بلکه برن پیشنهاد داد خم کردن فعال تنه حین فرود با

نzd يك كندنه زانو و ران را تحت تأثير قرار دهد (۵۷). زنانی که حین مانور، از الگوی انقباض عضلانی در جهت افزایش ولگوس زانو استفاده می کنند، بارهای واردہ بر روی مفصل زانویشان افزایش یافته و به همین علت اعمال الگوی انقباضی نامناسب حین اجرای مانور های دینامیک گشتاور مفصل زانو بزرگ خواهد شد که عامل خطر زایی برای آسیب رباط صلیبی است (۴۹).

افزایش ولگوس زانو و ایجاد بار بر روی رباط صلیبی ممکن است از اورژن یا پرونیشین افزایش یافته مج پا و یا چرخش داخلی درشت‌نی نشات بگیرد (۵۸، ۵۹) و در مرحله میانی سکون، اورژن و چرخش درشت‌نی ترکیب شوند وضعیت ولگوس خطرناکی در اجرای مانور برش می‌تواند ایجاد شود (۴۹). لودون و نایلند هم افزایش اورژن مج پا حین مانور را پتانسیلی برای آسیب رباط صلیبی دانستند (۵۸، ۵۹). از این رو پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی بر روی نقش افزایش اورژن و پرونیشین مج پا بر روی افزایش ولگوس زانو و خطر پارگی رباط صلیبی تکیه شود همچنین فهم اثر متقابل بین حرکت بالا تنہ و پایین تنہ حین مانور، نگرش ما را از سازوکار آسیب رباط صلیبی بهبود می‌بخشد. برای مثال، شتاب گرفتن تنہ در مانور اثر قابل توجهی روی خم شدن زانو و مفصل ران و احتمالاً اثر بی‌شتری روی ایجاد بار خارج از راستا، روی مفصل زانو خواهد داشت. همچنین اکثر آسیب‌های غیر برخورده رباط صلیبی در مرحله اولیه فاز کاهش شتاب در سیکل مانور برش رخ می‌دهد (۱۰). حین این مرحله نیروی زیادی باید در زمان کوتاه جذب شود، فرض بر این است که ایجاد زوایای خم شدن بیشتر در مانور برش به کاهش شتاب بیشتری نیاز دارد و مانور های دشوارتر باعث دریافت نیروی عکس‌العمل بیشتری از زمین می‌شود که می‌تواند به استرین رباط صلیبی منجر شود (۶۰)، بنابراین مانور برش با زاویه با خم شدن بیشتر احتمال آسیب‌دیدگی رباط صلیبی را افزایش می‌دهد. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده اثر مانور برش با زوایای گوناگون

مانور برای جذب بخش زیادی از نیروی عکس‌العمل زمین به جای عضله به رباط متکی باشد. غلبه رباطی به طور قابل توجهی با حرکت زانو به سمت داخل مرتبط است که می‌تواند منجر به افزایش گشتاور ولگوس زانو در افزایش نیروی عکس‌العمل زمین گردد. زنان ورزشکاری که دارای غلبه رباطی هستند ممکن است ولگوس دینامیک بیش از حدی را حین اجرای مانور از خود نشان دهند که به معنی افزایش نzd يك شدن مفصل ران، دورشدن زانو و اورژن مج پا می‌باشد. بعلاوه ولگوس زانوی افزایش یافته ورزشکاران زن در مانور هایی غیر از مانور برش هم دیده شده است (۴۹). فورد و همکارانش (۵۶) در تحقیقی عنوان کردند؛ سکتبالیست های دختر دبیرستانی زاویه ولگوس و گشتاور بیشتری حین پرش عمودی دراپ باکس داشتند. مالینزاک و همکاران (۵۰) ولگوس افزایش یافته ای را در طی دویدن، برش طرفی و برش ضربدری در ورزشکاران تغیریحی کالج دختران مشاهده کردند. همچنین مکلین (۱۴) ولگوس زانو افزایش یافته ای را در طی مانور برش دختران مشاهده نمود با این تفاوت که اختلاف معناداری بین دویدن زنان و مردان نیافت. همین محقق در پژوهشی دیگر دریافت زنان در مرحله میانی سکون ولگوس زانوی افزایش یافته ای دارند (۲). مکلین اشاره دارد که افزایش ولگوس زانو در زنان نسبت به مردان به علت تفاوت‌های آناتومیکی، همچون زاویه Q است (۱۴) و همچنین ایجاد بار روی زانوی به ولگوس رفته در حرکات طرفی به کنترل عصبی عضلانی مرتبط است (۲۶) در صورتی که کنترل عصبی عضلانی به جای ویژگی‌های آناتومی مفصل به کاهش زاویه ولگوس زانو در زنان کمک کند پیشگیری از آسیب رباط صلیبی میسر می‌شود زیرا ویژگی‌های عصبی عضلانی بر خلاف آناتومی مفصل، عاملی قابل تغییر است. بین زنان و مردان زاویه ولگوس زانو با کنترل عضلانی متفاوتی در اندام تحتانی همراه است. همچنین احتمالاً تفاوت جنسیت می‌تواند الگوی انقباضی عضلات دورکننده و

3. Gillquist J, Messner K. Anterior cruciate ligament reconstruction and the long term incidence of gonarthrosis. *Sports Medicine*. 1999;27(3):143-56.
4. Maletius W, Messner K. Eighteen-to twenty-four-year follow-up after complete rupture of the anterior cruciate ligament. *The American journal of sports medicine*. 1999;27(6):711-7.
5. Andrews JR, McLeod WD, Ward T, Howard K. The cutting mechanism. *The American Journal of Sports Medicine*. 1977;5(3):111-21.
6. Noyes FR, Mooar P, Matthews D, Butler D. The symptomatic anterior cruciate-deficient knee. Part I: the long-term functional disability in athletically active individuals. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1983; 65(2):154.
7. Jamison ST, Pan X, Chaudhari AM. Knee moments during run-to-cut maneuvers are associated with lateral trunk positioning. *Journal of biomechanics*. 2012;45(11):1881-5.
8. Besier TF, Lloyd DG, Cochrane JL, Ackland TR. External loading of the knee joint during running and cutting maneuvers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2001;33(7):1168-75.
9. Colby S, Francisco A, Yu B, Kirkendall D, Finch M, Garrett W. Electromyographic and kinematic analysis of cutting maneuvers implications for anterior cruciate ligament injury. *The American journal of sports medicine*. 2000; 28(2):234-40.
10. Boden BP, Dean GS, Feagin J, Garrett W. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics*. 2000;23(6):573-8.
11. Ireland ML. Anterior cruciate ligament injury in female athletes: epidemiology. *Journal of Athletic Training*. 1999;34(2):150.
12. Kirkendall DT, Garrett WE. The anterior cruciate ligament enigma: injury mechanisms and prevention. *Clinical orthopaedics and related research*. 2000;372:64-8.
13. Besier TF, Lloyd DG, Ackland TR, Cochrane JL. Anticipatory effects on knee joint loading during running and cutting maneuvers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2001;33(7):1176-81.
14. McLean SG, Neal RJ, Myers PT, Walters MR. Knee joint kinematics during the sidestep cutting maneuver: potential for injury in women. *Medicine and science in sports and exercise*. 1999;31:959-68.
15. Neptune RR ,Wright I, Van den Bogert AJ. Muscle coordination and function during cutting movements. *Medicine and science in sports and exercise*. 1999;31:294-302.
16. Cross Mj Fau - Gibbs NJ, Gibbs Nj Fau - Bryant GJ, Bryant GJ. An analysis of the sidestep cutting manoeuvre. 1989 19890705 DCOM-19890705(0363-5465 (Print)). eng.
17. Zarins B, Nemeth V. Acute knee injuries in

روی بخش های بدن و تأثیر آن روی الگوی های پرخطر آسیب رباط صلیبی بررسی شود. با توجه به یافته های این تحقیق به نظر می رسد وضعیت دینامیک بدن با خطر پارگی رباط صلیبی مرتبط است از این رو لازم است تا در فرم ارزیابی ورزشکاران قید شود. طبق موارد گفته شده تفاوت جنسیتی می تواند خود را در برخی فاکتور های کینماتیکی از جمله زاویه ولگوس و خم شدگی مفصل زانو، خم شدگی جانبی تنہ نشان دهد با این وجود که تفاوت های دیده شده از عامل جنسیت نشأت گرفته سایر عوامل دخیل از جمله وضعیت متفاوت آنتروپومتری، اختلاف در راستاهای بدنی و یا ویژگی های فیزیولوژیکی مثل قدرت یا سفتی عضلانی هم می تواند علت بخشی از تفاوت های کینماتیکی دیده شده باشد. در تحقیق حاضر به مانند سایر تحقیقات مشابه جنسیت به عنوان عاملی اعم از موارد مذکور در نظر گرفته شده است چرا که تفاوت جنسیتی به طور پیش فرض خود را به شکل تفاوت در آنتروپومتری و راستاهای فیزیولوژی زنان خواهد داد. با این حال نباید دخالت سایر عوامل دیگر در تحقیق را نادیده گرفت و تمامی نتایج بدست آمده را نشات گرفته از تفاوت های جنسیتی دانست.

زنان در حین انجام مانور برش به طور واضحی، ولگوس زانو افزایش یافته و باز شدگی زانو بیشتری در مقایسه با گروه مردان داشتند و همچنین تنہ خود را کمتر خم کردند این عوامل می تواند توجیهی برای پتانسیل بیشتر خطر آسیب رباط صلیبی در بین زنان باشد.

## منابع

1. Griffin LY, Agel J, Albohm MJ, Arendt EA, Dick RW, Garrett WE, et al. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2000;8(3):141-50.
2. McLean SG, Lipfert SW, van den Bogert AJ. Effect of gender and defensive opponent on the biomechanics of sidestep cutting. *Medicine and science in sports and exercise*. 2004;36(6):1008-16.

- maneuver :Ball State University; 2012.
30. Sigward SM, Pollard CD, Havens KL, Powers CM. Influence of Sex and Maturation on Knee Mechanics during Side-Step Cutting. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44(8):1497-503.
  31. Sigward SM, Powers CM. The influence of gender on knee kinematics, kinetics and muscle activation patterns during side-step cutting. *Clinical Biomechanics.* 2006;21(1):41-8.
  32. Wu Sg. Developing A Three Dimensional Finite Element Model Of The Anterior Cruciate Ligament To Examine The Risk Factors For Women During The Sidestep Cutting Maneuver: Worcester Polytechnic Institute; 2012.
  33. DeHaven KE, Lintner DM. Athletic injuries: comparison by age, sport, and gender. *The American journal of sports medicine.* 1986; 14(3):218-24.
  34. Oliphant JG, Drawbert JP. Gender differences in anterior cruciate ligament injury rates in Wisconsin intercollegiate basketball. *Journal of athletic training.* 1996;31(3):245.
  35. Hutchinson MR, Ireland ML. Knee injuries in female athletes. *Sports medicine.* 1995;19(4):288-302.
  36. Jackson D, Furman W, Berson B. Patterns of injuries in college athletes: a retrospective study of injuries sustained in intercollegiate athletics in two colleges over a two-year period. *The Mount Sinai journal of medicine, New York.* 1980;47(4):423.
  37. Powers JA. Characteristic features of injuries in the knee in women. *Clinical orthopaedics and related research.* 1979;143:120-4.
  38. Weesner CL. A Comparison of Anterior and Posterior Cruciate Ligament Laxity Between Female and Male Basketball Players. *Physician and Sportsmedicine.* 1986;14(5):149-50,52-54.
  39. Wirtz PD. High school basketball knee ligament injuries. 19820624 DCOM- 19820624(0021-0587 (Print)). eng.
  40. Arendt E, Dick R. Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer NCAA data and review of literature. *The American Journal of Sports Medicine.* 1995;23(6):694-701.
  41. Gray J, Taunton J, McKenzie D, Clement D, McConkey J, Davidson R. A survey of injuries to the anterior cruciate ligament of the knee in female basketball players. *International journal of sports medicine.* 2008;6(06):314-6.
  42. Ireland M, Wall C. 491 Epidemiology and Comparison of Knee Injuries in Elite Male and Female United States Basketball Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 1990;22(2):S82.
  43. Malone T, Hardaker W, Garrett W, Feagin J, Bassett F. Relationship of gender to anterior cruciate ligament injuries in intercollegiate basketball players. *J South Orthop Assoc.* 1993;2(1):36-9.
  - athletes. *The Orthopedic clinics of North America.* 1985;16(2):285.
  18. Zelisko JA, Noble HB, Porter M. A comparison of men's and women's professional basketball injuries. *The American journal of sports medicine.* 1982;10(5):297-9.
  19. James CR, Sizer PS, Starch DW, Lockhart TE, Slauterbeck J. Gender differences among sagittal plane knee kinematic and ground reaction force characteristics during a rapid sprint and cut maneuver. *Research quarterly for exercise and sport.* 2004;75(1):31-8.
  20. Krosshaug T, Nakamae A, Boden BP, Engebretsen L, Smith G, Slauterbeck JR, et al. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball video analysis of 39 cases. *The American journal of sports medicine.* 2007;35(3):359-67.
  21. Markolf KL, Burchfield DM, Shapiro MM, Shepard MF, Finerman GA, Slauterbeck JL. Combined knee loading states that generate high anterior cruciate ligament forces. *Journal of Orthopaedic Research.* 1995;13(6):930-5.
  22. Li G, DeFrate LE, Rubash HE, Gill TJ. In vivo kinematics of the ACL during weight-bearing knee flexion. *Journal of orthopaedic research.* 2005;23(2):340-4.
  23. Nunley RM, Wright D, Renner JB, Yu B, Garrett Jr WE. Gender comparison of patellar tendon tibial shaft angle with weight bearing. *Research in Sports Medicine.* 2003;11(3):173-85.
  24. Browne UP. A Comparison of Risk Factors Between a Cutting Task and a Stop-jump as it Relates to the Non Contact Anterior Cruciate Ligament Injury: ProQuest; 2007.
  25. McLean SG, Huang X, Su A, van den Bogert AJ. Sagittal plane biomechanics cannot injure the ACL during sidestep cutting. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon).* 2004;19(8):828-38.
  26. McLean SG, Su A, van den Bogert AJ. Development and validation of a 3-D model to predict knee joint loading during dynamic movement. *Transactions-American Society of Mechanical Engineers Journal of Biomechanical Engineering.* 2003;125(6):864-74.
  27. Hewett TE, Torg JS, Boden BP. Video analysis of trunk and knee motion during non-contact anterior cruciate ligament injury in female athletes: lateral trunk and knee abduction motion are combined components of the injury mechanism. *British journal of sports medicine.* 2009;43(6):417-22.
  28. Pollard CD, Davis IM, Hamill J. Influence of gender on hip and knee mechanics during a randomly cued cutting maneuver. *Clinical Biomechanics.* 2004;19(10):1022-31.
  29. Brown SR. The relationship between leg dominance and knee mechanics during the cutting

research/National Strength & Conditioning Association. 2009;23(8):2223.

58. Loudon J, Jenkins W, Loudon K. The relationship between static posture and ACL injury in female athletes. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 1996;24(2):91-7.

59. Nyland J, Caborn D, Shapiro R, Johnson D, Fang H. Hamstring extensibility and transverse plane knee control relationship in athletic women. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 1999;7(4):257-61.

60. Cerulli G, Benoit D, Lamontagne M, Caraffa A, Liti A. In vivo anterior cruciate ligament strain behaviour during a rapid deceleration movement: case report. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2003;11(5):307-11.

44. Biden E, O'Connor J. Experimental methods used to evaluate knee ligament function. *Knee Ligaments: Structure, Function, Injury, and Repair*. 1990:135-61.

45. Hawkins RJ, Misamore GW, Merritt TR. Followup of the acute nonoperated isolated anterior cruciate ligament tear. *The American journal of sports medicine*. 1986;14(3):205-10.

46. Beaulieu M, Lamontagne M, Xu L. Gender differences in time-frequency EMG analysis of unanticipated cutting maneuvers. *Medicine+ Science in Sports+ Exercise*. 2008;40(10):1795.

47. Zheng N, Fleisig GS, Escamilla RF, Barrentine SW. An analytical model of the knee for estimation of internal forces during exercise. *Journal of biomechanics*. 1998;31(10):963-7.

48. <http://www.winanalyze.com/references.html>.

49. Ford KR, Myer GD, Toms HE, Hewett TE. Gender differences in the kinematics of unanticipated cutting in young athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37(1):124-9.

50. Malinzak RA, Colby SM, Kirkendall DT, Yu B, Garrett WE. A comparison of knee joint motion patterns between men and women in selected athletic tasks. *Clinical Biomechanics*. 2001; 16(5):438-45.

51. Blackburn JT, Padua DA. Influence of trunk flexion on hip and knee joint kinematics during a controlled drop landing. *Clinical Biomechanics*. 2008;23(3):313-9.

52. Huston LJ, Wojtys EM. Neuromuscular performance characteristics in elite female athletes. *The American journal of sports medicine*. 1996;24(4):427-36.

53. Benjaminse A, Gokeler A, Fleisig GS, Sell TC, Otten B. What is the true evidence for gender-related differences during plant and cut maneuvers? A systematic review. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2011;19(1):42-54.

54. Shojaei M, Amiri-Khorasani M. Kinematics Analysis of Lower Extremity Joints During Side Step Cutting Maneuver Related to Anterior Cruciate Ligament Injury in Soccer Players. *World*. 2008;147:(3)7;12

55. Hewett TE, Paterno MV, Myer GD. Strategies for enhancing proprioception and neuromuscular control of the knee. *Clinical Orthopaedics and related research*. 2002;402:76-94.

56. Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2003;35(10):1745-50.

57. Imwalle LE, Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Relationship between hip and knee kinematics in athletic women during cutting maneuvers: A possible link to noncontact anterior cruciate ligament injury and prevention. *Journal of strength and conditioning*

## Kinematic comparison of anterior cruciate ligament injury risk between men and women during cutting maneuver

\***Seyed Ali Emami Hashemi**, PhD Student, Faculty of Physical Education, Kharazmi University, Tehran, Iran. (\*Corresponding author). [aemami@ut.ac.ir](mailto:aemami@ut.ac.ir)

**Neda Rezvankhah Golsefid**, PhD Student, Faculty of Physical Education, University of Tehran, North Kargar St, Tehran. Iran. [n.rezvankhah@ut.ac.ir](mailto:n.rezvankhah@ut.ac.ir)

**Elham Shirzad**, PhD Assistant, Faculty of Physical Education, University of Tehran, Tehran. Iran. [eshirzad@ut.ac.ir](mailto:eshirzad@ut.ac.ir)

**Seyed Hossein Mirkarimpour**, PhD Candidate, Faculty of Physical Education, University of Tehran, Tehran. Iran. [shmirkarimpour@ut.ac.ir](mailto:shmirkarimpour@ut.ac.ir)

### Abstract

**Background:** Women and men significantly differ in the extent of anterior cruciate ligament injury. Based on the evidence, gender especially contributes in non-contact mechanism of anterior cruciate ligament (ACL) injury. The purpose of this study was to compare the movement patterns of the ACL injury risk between men and women during cutting maneuver.

**Methods:** 13 men and 13 women of national squash team (mean (SD) age:  $23.04 \pm 6.6$  and  $24.7 \pm 4.1$ , respectively) selected as subjects of this study. Reflective markers set on their body and cutting maneuver recorded in sagittal and frontal plane by two high speed cameras. "Winanalyze Software" analyzed the recorded video and the collected data were analyzed using independent t test through SPSS 21 and p value less than 0.05 was considered significant.

**Results:** The results showed that at initial contact there was significant difference in knee flexion ( $p=0.001$ ), knee valgus ( $p=0.013$ ) and trunk flexion angles ( $p=0.001$ ) while at mid stance phase trunk flexion angle showed significant difference between men and women ( $Pp \leq 0.05$ ).

**Conclusion:** Women significantly have increased knee valgus, knee extension and trunk extension during cutting maneuver. These factors clearly explain high potential of ACL injury risk.

**Keywords:** ACL Injury, Cutting maneuver, Gender, High risk movement patterns