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

چکیده

زمینه و هدف: زنان و مردان به میزان قابل‌توجهی در میزان آسیب‌دیدگی رباط متقاطع قدامی تفاوت دارند. بر اساس پیشینه عامل جنسیت خصوصاً در ساز وکار غیر برخوردی آسیب رباط متقاطع قدامی به‌طور 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 ملی‌پوش اسکواش به ترتیب با میانگین سنی ۶/۶±۲۳/۰۴ و ۴/۱±۲۴/۷ به‌عنوان آزمودنی انتخاب شدند. نشانگرهای بازتابی بر روی نقاط منتخب تنه و پایین‌تنه نصب و مانور برش آن‌ها با ۲ دوربین پرسرعت از نمای قدامی و طرفی ثبت شد. سپس تحلیل ویدئویی مانور توسط نرم‌افزار WinAnalyze انجام و داده‌های نهایی در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ با آزمون آماری تی مستقل و در سطح معناداری ۰/۰۵ مورد محاسبه قرار گرفت.

یافته‌ها: در لحظه تماس اولیه، تفاوت معناداری در زوایای ولگوس (p=۰/۰۱۳) و خم شدن زانو (p=۰/۰۰۱) و نیز خم شدن تنه (p=۰/۰۰۱) بین مردان و زنان وجود دارد. همچنین در مرحله میانی سکون، تنها در زاویه خم شدن تنه (p=۰/۰۰۹) تفاوت معنادار بود (p ≤۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج زنان در حین انجام مانور برش به‌طور 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 می‌تواند توجیهی برای پتانسیل بیشتر خطر آسیب رباط صلیبی در بین زنان باشد.

کلیدواژه‌ها: آسیب رباط متقاطع قدامی، مانور برش، جنسیت، الگوهای حرکتی پرخطر

مقدمه

آسیب رباط متقاطع قدامی (ACL) (Anterior Cruciate Ligament) از جمله متداول ترین آسیب‌هایی است که ورزشکاران از آن رنج می‌برند. به‌طور میانگین سالانه در ایالات‌متحده آمریکا تعداد ۸۰۰۰۰ آسیب رباط صلیبی گزارش می‌شود (۱). به شکل کلی ساز وکار این آسیب پیرو ایجاد فشاری روی زانو است که فرد به دلایلی نظیر اختلال در سیستم عصبی عضلانی نمی‌تواند آن را با ساختار اسکلتی عضلانی کنترل کند (۲). علاوه بر این پارگی رباط صلیبی می‌تواند ضعفی طولانی‌مدت مانند استئوآرتریت ثانوی را همراه داشته باشد (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 می‌باشد(۴) که اهمیت پیشگیری از وقوع این آسیب را نشان می‌دهد.

یافته ها حاکی از آن است که حدود ۷۵٪ آسیب‌های رباط صلیبی از نوع غیر برخوردی است (۱، ۵-۷) 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 مدافع پیش روی رخ می‌دهد. در

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

سال‌های اخیر تمرکز روی شناسایی ساز وکار غیربرخوردی 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 میلی‌ثانیه 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 وارده بر رباط صلیبی در زمانی که زانو در حالتی نزدیک به بازشدگی کامل قرار دارد بیشتر است (۲۱). بعلاوه در این وضعیت، نیروهای عکس‌العمل زمین، چرخش درشت‌نی و لغزش قدامی درشت‌نی نیز افزایش می‌یابد (۷، ۲۲، ۲۳). همچنین با کاهش زاویه خم شدن زانو، گشتاور ولگوس/وروس زانو موجب افزایش بارگیری رباط صلیبی می شود (۲۴). مک لین 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 تنه و کاهش خم شدن تنه 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 تنه یکی از اجزای اصلی ساز وکار آسیب رباط صلیبی می‌باشد (۲۷). همچنین در صفحه ساجیتال، کاهش خم شدن تنه موجب افزایش ولگوس و/یا فشار محوری می‌شود (۲۷).

به نظر می‌رسد تفاوت آسیب های میان ورزشکاران پیرو اثرگذاری ویژگی‌های متعددی است و تفاوت در بیشتر این ویژگی‌ها خود را به شکل 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، ۲۸-۳۲)، 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 به‌طور روز افزونی در حال افزایش است (۱۸، ۳۳، ۳۴). طبق گزارش‌ها، آمار آسیب‌دیدگی زنان چندین برابر مردان است (۱۸، ۳۵-۳۷) و آسیب‌های ورزشی در زانو (۳۳، ۳۸) و خصوصاً در رباط صلیبی (۳۴، ۳۵، ۳۹-۴۳) به‌طور معناداری در زنان نسبت به مردان بالاتر است، به‌نحوی‌که زنان ۳ تا ۵ برابر بیشتر از همتایان ورزشی مرد خود به پارگی رباط صلیبی دچار می‌شوند (۴۴، ۴۵).

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 (۱۳، ۴۶) اما مالینزاک 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 بازشدگی بیشتر زانو زنان حین انجام مانور پرداخته‌اند (۲، ۴۶، ۱۳، ۲۵،۴۷). 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 به‌صورت جزئی مورد بحث قرار گرفته است. این

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

در حالی است که فهم اثر متقابل بین حرکت بالا تنه و پایین تنه حین انجام مانور، نگرش ما را از مکانیزم آسیب رباط صلیبی بهبود می‌بخشد. برای مثال، شتاب گرفتن تنه 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، کُلبی و همکاران و مکلین و همکاران بیان کرده‌اند در حرکت مفصل زانو و نیروی وارده حین مانور برش تفاوت‌های جنسیتی، به‌عنوان 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 وارده بر رباط صلیبی و بروز الگوهای حرکتی پرخطر در دو جنس را در صفحه ساجیتال (خم شدن زانو و تنه) و در صفحه فرونتال (خم شدن جانبی تنه و زاویه ولگوس وروس زانو) مورد بررسی قرار دهد.

روش کار

۲۶ نفر بازیکن اسکواش به تعداد ۱۳ زن با میانگین سنی ۶/۶±۲۳/۰۶ و ۱۳ مرد با میانگین ۴/۱۸±۲۴/۷۵ که در سطح باشگاهی و ملی بازی می‌کردند به‌عنوان 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، آرتریت، مشکلات پزشکی یا عصبی نبودند.

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 خطای بین آزمون گران تمامی روند نصب نشانگرهای بازتابی روی بدن 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 متاتارسال پنجم، انتهای پاشنه پا، قوزک خارجی، اپی کندیل خارجی زانو، وسط کشکک، تروکانتر بزرگ، خار خاصره ای قدامی فوقانی و زائده آخرمی آزمودنی‌ها قرار داده شد.

دو دوربین سرعت بالا در محل انجام حرکت برش، و ضعیت آزمودنی را از نمای قدامی و جانبی ثبت می‌کردند تا در لحظه تماس اولیه پا (Initial contact) و مرحله میانی سکون (Mid Stance)، زوایای خم شدن زانو و تنه از نمای جانبی (Sagittal) و فلکشن جانبی تنه و ولگوس زانو از نمای قدامی (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

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

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



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 4-1 از شرکت Mikromak صورت گرفت (۴۸).

تحلیل آماری داده‌های تحقیق حاضر با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ انجام شد. در ابتدا نرمال بودن توزیع داده‌های بد ست آمده از زاوایای مف صل زانو و ت نه با آزمون کولموگروف اسمیرنوف (K-S) بررسی و سپس با آزمون آماری تی مستقل و سطح معناداری $p \leq ۰/۰۵$ بررسی آماری نهایی روی داده ها انجام شد.

یافته‌ها

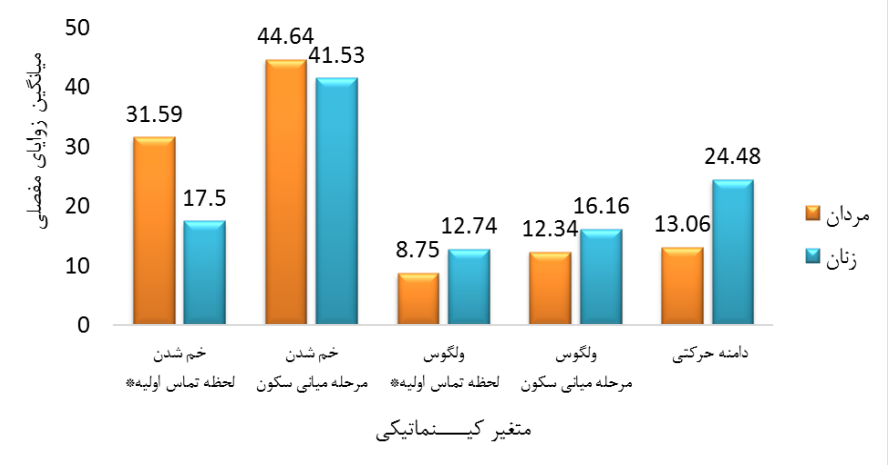
این پژوهش بر روی ۲۶ بازیکن اسکواش زن و مرد (۱۳ زن و ۱۳ مرد) انجام شد. میانگین قد، وزن در افراد دوگروه در جدول ۱ ارائه شده است.

داده های بدست آمده از زاوایای مفصل زانو و تنه به ترتیب در نمودارهای ۱ و ۲ نشان داده شده است. طبق داده‌های نمایش داده شده در نمودار بالا زنان زانوی خود را در هر دو مرحله تماس اولیه 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 لحظه تماس اولیه و زاویه خم شدن تنه در مرحله میانی سکون، همچنین زاو یه ولگوس زانو در لح ظه تماس اولیه، دامنه حرکتی زانو بین مردان و زنان تفاوت آماری معناداری وجود دارد ($p \leq ۰/۰۵$). این درحالی 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 ($p > ۰/۰۵$).

بحث و نتیجه‌گیری

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]



نمودار ۱- زوایای بدست آمده مفصل زانو در حرکت برش (علامت * نشان دهنده معناداری تفاوت بین میانگین ها در سطح $p \leq ۰/۰۵$)بوده است.



نمودار ۲- زوایای بدست آمده تنه در حرکت برش (علامت * نشان دهنده معناداری تفاوت بین میانگین ها در سطح $p \leq ۰/۰۵$)بوده است.

تحقیق حاضر بر روی جمعیت اسکواش کار حرفه ای و ملی پوش کشور انجام شده. مانور برش به وفور ورزش اسکواش به کار می رود اما تحقیقی با ویژگی های کینماتیکی این بازیکنان شکل نگرفته است. این تحقیق علاوه بر اختلاف جنسیت به صورت جزئی به رخداد های 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 پدئویی انجام داده است. همچنین داده های خروجی مطالعه پیش رو به‌صورت جزئی در لحظات تماس و میانی سکون استخراج شده است.

تحقیق حاضر نشان می‌دهد 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 کاملا 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 (۱۴، ۴۹) اما مالینزاک خم شدن کمتر زانو را طی مرحله میانی سکون برای زنان مشاهده کرد (۵۰)، از این رو یافته ما با نتایج فورد و مکلین در مرحله میانی سکون همسو

جدول ۱- میانگین و انحراف استاندارد مشخصات عمومی آزمودنی ها

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

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

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

صفحه	متغیر	میانگین زنان	انحراف معیار زنان	میانگین مردان	انحراف معیار مردان	معناداری
ساجیتال	زاویه خم شدن زانو در لحظه تماس اولیه	۱۷/۰۴۶۶	۴/۶۶۲۴۴	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
فرونتال	زاویه خم شدن جانبی تنه در لحظه تماس اولیه	-۱/۹۹۷۹	۱۰/۰۹۸۱۴	-۷/۵۵۰۵	۹/۸۵۲۷۸	۰/۱۶۹
	زاویه خم شدن جانبی تنه در مرحله میانی سکون	-۲/۶۲۲۸	۱۱/۵۹۶۵۹	-۵/۳۴۲۲	۱۱/۸۱۷۴۹	۰/۵۵۹
	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

و با یافته مالینزاک ناهمسو می‌باشد، علت این امر می‌تواند تفاوت در شیوه آزمون و آزمودنی‌ها در پژوهش های 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 می کند، زاویه اینسرشن تاندون کشککی نسبت به محور طولی درشت‌نی کاهش پیدا می کند(۴۷) . این تغییر در جهت تاندون کشککی، اثر عمیقی روی تغییر نیروی برشی درشت‌نی دارد. بدین ترتیب خم شدن بیشتر زانو با کاهش نیروی برشی ایجاد شده از سمت درشت‌نی 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 می کند زنان حین اجرای مانور برشی و ضعیت خود را بیشتر از مردان در وضعیت قائم قرار می‌دهند. این باز شدن تنه با باز شدن هیپ و زانو همراه است (۱) و به این ترتیب زنان به‌صورت 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 می برد (۵۲). بلک برن پیشنهاد داد خم کردن فعال تنه حین فرود با 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 می توان گفت افزایش خم شدن تنه تأثیر غیر مستقیمی روی میزان بار وارده بر رباط صلیبی می گذارد(۵۱). مک لین در مطالعه ای 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 عمدتا روی اثرکینماتیک اندام تحتانی در آسیب‌دیدگی رباط صلیبی متمرکز شده اند و پژوهشی که فاکتور های جنسیت، مانور برشی و خم شدن تنه را در کنار هم مورد توجه قرار دهد، یافت نشد.

یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج بدست آمده فورد و همکاران، بنجامین 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 فرضیه ای را مبنی بر اینکه زنان ولگوس زانوی افزایش یافته ای را نسبت به مردان در مانور برشی نشان می‌دهند، مطرح و اثبات می کنند. همچنین اظهار می کنند زنان ولگوس زانوی بیشتری در لحظه تماس اولیه داشتند (۴۹). گفته می شود 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

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

مانور برای جذب بخش زیادی از نیروی عکس‌العمل زمین به جای عضله به رباط متکی باشد. غلبه رباطی به‌طور 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 نزدیک شدن مفصل ران، دورشدن زانو و اورژن مچ 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 بسکتبالیست 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 تفریحی کالج دختران مشاهده کردند. همچنین مکلین (۱۴) ولگوس زانو افزایش یافته ای را درطی 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 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 ویژگی های آناتومی مفصل به کاهش زاویه ولگوس زانو در زنان کمک کند پیشگیری از آسیب رباط صلیبی میسر می‌شود زیرا ویژگی های 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 نزدیک کننده زانو و ران را تحت تأثیر قرار دهد (۵۷). زنانی که حین مانور، از الگوی انقباض عضلانی در جهت افزایش ولگوس زانو استفاده می کنند، بارهای وارده 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 مچ 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 مچ پا حین مانور را پتانسیلی برای آسیب رباط صلیبی دانستند (۵۸، ۵۹). از این رو پیشنهاد می شود در پژوهش های آتی بر روی نقش افزایش اورژن و پرونیشن مچ پا بر روی افزایش ولگوس زانو و خطر پارگی رباط صلیبی تکیه شود همچنین فهم اثر متقابل بین حرکت بالا تنه و پایین تنه حین مانور، نگرش ما را از سازوکار آسیب رباط صلیبی بهبود می‌بخشد. برای مثال، شتاب گرفتن تنه 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 برخوردی 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 می شود در مطالعات آینده اثر مانور برش با زوایای گوناگون

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

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 می‌تواند خود را در برخی فاکتور های کینماتیکی از جمله زاویه ولگوس و خم شدگی مفصل زانو، خم شدگی جانبی تنه 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 می‌تواند علت بخشی از تفاوت‌های کینماتیکی دیده شده باشد. در تحقیق حاضر به مانند سایر تحقیقات مشابه جنسیت به‌عنوان عاملی اعم از موارد مذکور در نظر گرفته شده است چرا که تفاوت جنسیتی به‌طور پیش فرض خود را به شکل تفاوت در آنتروپومتری و راستاها و فیزیولوژی نشان خواهد داد. با این حال نباید دخالت سایر عوامل دیگر در تحقیق را نادیده گرفت و تمامی نتایج بدست آمده را نشات گرفته از تفاوت‌های جنسیتی دانست.

زنان در حین انجام مانور برش به‌طور واضحی، ولگوس زانو افزایش یافته و بازشدگی زانو بیشتری در مقایسه با گروه مردان داشتند و همچنین تنه خود را کمتر خم کردند این عوامل می‌تواند 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.

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

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

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 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 Cruiate 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.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

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

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]

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
Neda Rezvankhah Golsefidi, PhD Student, Faculty of Physical Education, University of Tehran, North Kargar St, Tehran. Iran. n.rezvankhah@ut.ac.ir
Elham Shirzad, PhD Assistant, Faculty of Physical Education, University of Tehran, Tehran. Iran. eshirzad@ut.ac.ir
Seyed Hossein Mirkarimpour, PhD Candidate, Faculty of Physical Education, University of Tehran, Tehran. Iran. 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±6.6 and 24.7±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≤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

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-19]