

## بررسی تغییرات کینماتیکی مفصل زانو حین فرود تک پا متعاقب هشت هفته

### برنامه فیفا+۱۱ در بازیکنان مرد جوان فوتبالیست

وحید قاسمی پائین دهی<sup>۱</sup>، سیدصدرالدین شجاع‌الدین<sup>۲</sup>، اسماعیل ابراهیمی تکامجانی<sup>۳</sup>، امیر لطافت کار<sup>۴</sup>، منصور اسلامی<sup>۵</sup>

#### چکیده:

**سابقه و هدف:** موقعیت زوایای زانو در فرود، از عوامل آسیب بازیکنان فوتبال است و تمرینات پیشگیرانه می‌تواند میزان آسیب را در این ورزش کاهش دهد. از این رو، هدف پژوهش حاضر بررسی تاثیر هشت هفته برنامه فیفا +۱۱ بر زوایای سه بعدی مفصل زانو در فرود بر روی یک پا در بازیکنان مرد جوان فوتبال بود.

**مواد و روش‌ها:** اندازه‌گیری شاخص‌های کینماتیکی زانو در فرود بر روی یک پا، از ۲۴ فوتبالیست مرد جوان (۱۲ نفر گروه تجربی و ۱۲ نفر گروه کنترل) در پیش آزمون و پس آزمون به عمل آمد. پس از اجرای هشت هفته تمرینات گرم کردن فیفا+۱۱ بر روی گروه تجربی، از آزمون‌های t زوجی و مستقل برای تجزیه و تحلیل آماری استفاده شد.

**یافته‌ها:** در پیش آزمون گروه تجربی، زاویه فلکشن اولیه، زاویه والگوس و زاویه چرخش داخلی زانو به ترتیب  $۱۲/۱۶ \pm ۵/۰۷$ ،  $۱۰/۷۳ \pm ۳/۳۰$  و  $۱۶/۴۰ \pm ۵/۷۹$  درجه بودند که در پس آزمون بطور معنی‌داری به  $۱۹/۱۰ \pm ۵/۷۶$ ،  $۵/۲۰ \pm ۳/۲۷$  و  $۹/۹۴ \pm ۵/۳۹$  درجه تغییر پیدا کردند.

**نتیجه‌گیری:** با در نظر گرفتن افزایش معنادار در زاویه فلکشن اولیه زانو و کاهش والگوس و چرخش داخلی زانو می‌توان عنوان کرد که احتمالاً برنامه تمرینات فیفا +۱۱ بتواند تاثیرگذاری مثبت در تعدیل عوامل خطر ساز آسیب رباط متقاطع قدامی داشته باشد.

**واژگان کلیدی:** برنامه پیشگیری آسیب فیفا +۱۱، آسیب رباط متقاطع قدامی، کینماتیک زانو

۱. دکتری آسیب شناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران (نویسنده مسئول) Ghasemi.vahid120@gmail.com

۲. دانشیار گروه آسیب شناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۳. استاد گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی، تهران، ایران

۴. استادیار گروه آسیب شناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۵. دانشیار گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابل، ایران

## مقدمه

فوتبال یکی از مشهورترین ورزش‌ها در جهان و در مقایسه با سایر ورزش‌ها، یکی از فعالیت‌های ورزشی با شیوع بالایی از آسیب به شمار می‌رود (۱). در مطالعه‌ای که توسط رهنما و همکاران در سال ۲۰۰۲ انجام شد، مشخص شد که آسیب‌های اندام تحتانی ۶۰ تا ۹۰ درصد کل آسیب‌های بازیکنان فوتبال را شامل می‌شود (۲). در این بین زنانو یکی از شایع‌ترین محل‌های بروز آسیب در این رشته ورزشی می‌باشد (۳) و پارگی رباط صلیبی قدامی شدیدترین و بیشترین تعداد آسیب را در این مفصل به خود اختصاص داده است (۴). این رباط به هر دو شکل تماسی (Contact) و غیرتماسی (Non-contact) آسیب می‌بیند که در این بین آسیب‌های غیرتماسی حدود ۷۰ درصد آسیب‌ها را شامل می‌شود (۵). محققین عوامل خطر ساز آسیب‌های غیرتماسی رباط متقاطع قدامی ACL<sup>۱</sup> را در چهار دسته اصلی عوامل آناتومیکی، هورمونی، محیطی و بیومکانیکی طبقه‌بندی می‌کنند (۶، ۷). در این طبقه‌بندی عوامل بیومکانیکی از جمله کینماتیک مفصل زنانو در حین انجام تکالیف حرکتی، جزء عوامل قابل تغییر هستند و به همین علت مطالعات زیادی در این زمینه طراحی و اجرا شده است (۸). از طرفی آسیب ACL می‌تواند عوارض متعددی را بر جای بگذارد؛ از جمله عوارض کوتاه مدت آن می‌توان به درد، سفتی، تورم مفصلی و از جمله عوارض بلند مدت آن می‌توان به بی‌ثباتی مفصل، استئوآرتریت، آسیب‌های مینیسک و اختلالات عملکردی اشاره نمود (۹، ۱۰) و به همین نسبت نیز به درمان پیچیده و طولانی مدتی نیاز دارد. همچنین ورزشکار آسیب دیده را چند ماهی از میداین مسابقه و تمرین دور نگه می‌دارد که این امر خود می‌تواند عوارض روحی متفاوتی بر آنان داشته باشد. همچنین، درمان این ضایعه خواه به صورت جراحی و خواه به صورت توانبخشی هزینه سنگینی را بر دوش فرد و باشگاه تحمیل می‌کند. با این تفاسیر و با توجه به درمان سخت و طولانی مدت آن، اهمیت پیشگیری در مورد این ضایعه برجسته تر و بارزتر می‌شود.

از بین برنامه‌های پیشگیری از آسیب‌های فوتبال برنامه جامع گرم کردن موسوم به ۱۱+ از سوی مرکز پزشکی فیفا معرفی و مورد حمایت قرار گرفته و در سالیان اخیر نیز به طور گسترده‌ای در سرتاسر جهان بسط و توسعه داده شده است (۳). در همین راستا سولیگارد<sup>۲</sup> و همکاران در سال ۲۰۰۸ نشان دادند استفاده از این برنامه تمرینی می‌تواند بروز آسیب‌های ناشی از استفاده بیش از حد را ۵۳ درصد و آسیب‌های شدید را ۴۵ درصد کاهش دهد (۱۱). در ایران نیز زارعی و همکاران در سال ۱۳۹۱ با انجام پژوهشی روی ۱۰ تیم فوتبال، کاهش معنی‌داری در بروز آسیب‌های ورزشی به دنبال استفاده از این برنامه جامع گرم کردن مشاهده کردند (۱۲). همچنین برنامه پیشگیری از آسیب فیفا کاهش بروز آسیب‌های زنانو را نیز در بازیکنان فوتبال نشان داده است (۱۳). بنابراین می‌توان چنین گفت که برنامه جامع گرم کردن فیفا ۱۱+ توانسته به عنوان یک برنامه مؤثر و موفق پیشگیری از آسیب در جوامع ورزشی مطرح شود و جای خود را میان مربیان و بازیکنان باز نماید. از سوی دیگر علی‌رغم تبلیغات و توصیه FIFA مبنی بر همه گیر شدن استفاده از برنامه پیشگیری از آسیب فیفا ۱۱+ تحقیقات علمی کمی درباره تغییرات ایجاد شده در ورزشکاران پس از انجام این برنامه صورت گرفته است.

از آنجا که ورزش همواره با خطر آسیب دیدگی همراه است، محققان همواره به دنبال شناسایی، تعدیل و حذف الگوهای حرکتی خطرناک بوده‌اند (۱۴، ۱۵، ۱۶). مطالعات مختلف نشان دادند که حرکات برشی<sup>۳</sup> و فرود<sup>۴</sup> در مقایسه

1. Anterior cruciate ligament
2. Soligard et al
3. Cutting
4. Landing

با حرکت های رو به جلو، خطر بیشتری را برای مفصل زانو ایجاد می کنند (۱۷، ۱۸، ۱۹). از طرفی گزارش شده است ۷۰ درصد صدمات زانو در حین فرود آمدن از پرش اتفاق می افتند (۱۷) و مفصل زانو اصلی ترین قسمت بدن است که هنگام فرود آمدن از پرش در جذب و تعدیل نیروهای فرود نقش دارد (۲۰). در تحقیقات انجام شده درباره سازوکار آسیب ACL، متغیرهای کینماتیکی که با صدمات فرود آمدن در زانو مرتبط هستند، شامل زوایای زانو در سه سطح ساجیتال، فرونتال و هوریزنتال می باشند (۲۱). با وجود این که برخی مطالعات، والگوس شدید در سطح فرونتال اندام تحتانی را با افزایش آسیب در رباط صلیبی قدامی مرتبط می دانند (۲۲، ۲۰) دیگران زاویه زانو نزدیک به اکستنشن کامل در سطح ساجیتال و نیروی قدرتمند عضله چهارسر را موجب فشار بر رباط صلیبی قدامی و سازوکار غالب در آسیب های آن می دانند (۲۳). برخی پژوهشگران بر این باورند که فشارها در مفصل زانو به صورت مجموعه ای عمل می کنند و آسیب های غیربرخوردی رباط صلیبی قدامی احتمالاً بر اثر افزایش حرکت و فشار در سطوح مختلف ساجیتال، فرونتال و هوریزنتال است که به صورت چندسطحی اتفاق می افتد (۲۴، ۲۶، ۲۵). با توجه به یافته های تحقیقات پیشین، کاهش زاویه خم شدن زانو و افزایش زاویه والگوس و چرخشی زانو حین فرود را می توان الگوهای پرخطر بروز آسیب رباط متقاطع قدامی دانست که در تحقیق حاضر نیز همین عوامل به عنوان الگوی خطرزای آسیب رباط متقاطع قدامی در نظر گرفته شده است (۲۷). این الگوی حرکتی، ویژگی های بار (برای مثال، نقطه اثر، مقدار، جهت و غیره) یا فشار وارد شده بر مفصل زانو و به خصوص رباط متقاطع قدامی را تحت تأثیر قرار می دهد و به نظر می رسد تفاوت آسیب دیدگی های افراد در نتیجه تعامل ویژگی های متعدد باشد و تفاوت در بیشتر این ویژگی ها خود را به شکل تفاوت در الگوی حرکت نشان می دهد (۲۸). بنابراین ارزیابی و بررسی الگوی حرکت به عنوان مقوله ای مهم در شکل گیری و اجرای صحیح و بدون خطر حرکت حائز اهمیت است.

تاکنون علیرغم حمایت ادبیات پیشینه از مفاهیم تمرین پیشگیری از آسیب فیفا در کاهش آسیب ACL، مکانیزم های مرتبط چنین برنامه موفقی غیرشفاف باقی مانده است. برای مثال اینکه آیا برنامه پیشگیری فیفا +۱۱ کینماتیک زانو را طوری تغییر می دهد که بیان کننده ریسک کاهش یافته آسیب باشد، ناشناخته می باشد. بنابراین، بررسی راستای زانو به صورت سه بعدی احتمالاً می تواند در برآورد تشخیص آسیب رباط صلیبی قدامی مهم باشد. از سوی دیگر با توجه به اثربخشی برنامه فیفا +۱۱ در پیشگیری از بروز آسیب ACL و تأکید این برنامه تمرینی بر آموزش اجرای صحیح حرکت فرود، این سؤال مطرح می شود که آیا اجرای یک دوره تمرینات فیفا +۱۱ می تواند روی متغیرهای کینماتیکی حرکت فرود و بروز الگوهای خطرزای آسیب به رباط متقاطع قدامی تفاوتی ایجاد کند یا خیر؟ بنابراین با توجه به مطالب فوق، پژوهشگر بر آن است که تأثیر برنامه فیفا +۱۱ را بر زوایای سه بعدی مفصل زانوی بازیکنان فوتبال در حین فرود روی یک پا بررسی کند.

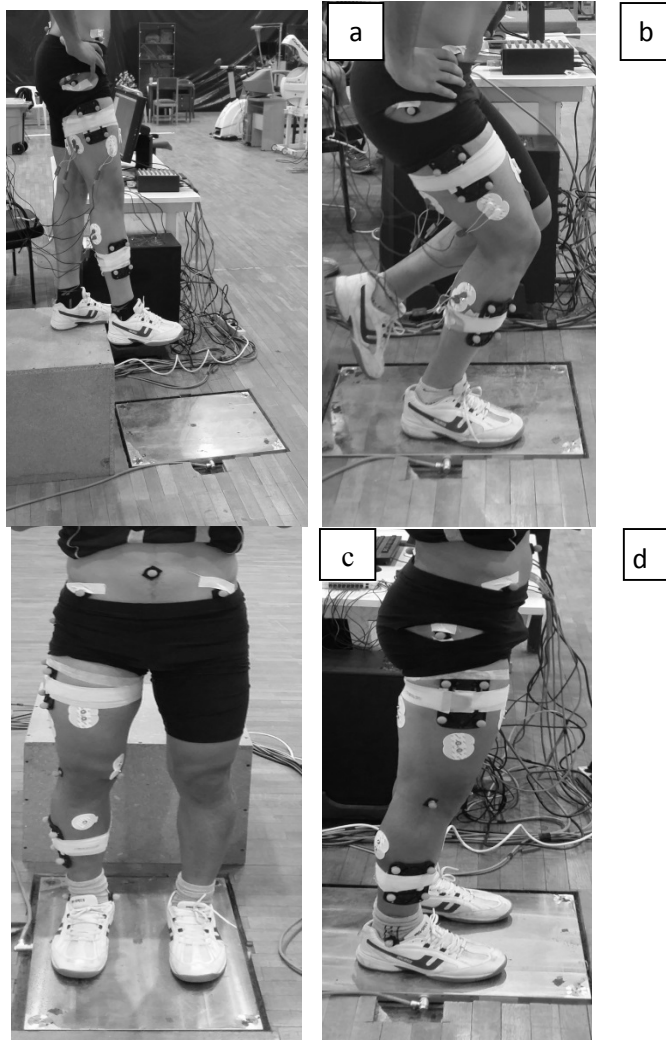
### روش شناسی تحقیق

با توجه به اعمال مداخله، وجود گروه کنترل و انتخاب هدفمند آزمودنی ها به علت ماهیت تحقیق، روش تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی است. این تحقیق دارای دو گروه، شامل گروه تجربی و گروه کنترل بود. بیست و چهار بازیکن مرد سالم و جوان فوتبال (سنین بین ۱۶ و ۲۰) که به طور منظم در جلسات تمرینی فوتبال شرکت کرده و سوابق پرشکی شان عاری از آسیب اندام تحتانی یا بیماری بود در مطالعه شرکت داده شدند. دو تیم از استان مازندران انتخاب شدند. دو تیم زیر ۲۱ سال هر کدام متشکل از تقریباً ۳۰ بازیکن (همسان سازی در پیش آزمون) در این مطالعه شرکت کردند که ۱۲ بازیکن به صورت تصادفی به عنوان نمونه از هر تیم انتخاب شدند. همه

شرکت کننده‌ها بازیکنان چمن و اعضای یکی از دو تیم بودند. در طول فصل ۱۳۹۴، همه این بازیکنان در لیگ برتر قهرمانی استان مازندران (دسته ۱) شرکت کردند. همه آزمودنی‌ها در تمرینات رایج مهارت‌های تکنیکی و تاکتیکی شامل پاس دادن، شوت کردن، دریبل کردن و تمرین سرزدن شرکت می‌کردند. به علاوه آنها در بازی-های زمین کوچک با ابعاد ۵\*۵ و ۱۰\*۱۰ متر مربع شرکت می‌کردند. بازیکنان از شرکت در دیگر فعالیت‌های بدنی منع می‌شدند. شرکت کننده‌ها به طور مساوی در دو گروه با نام‌های گروه ۱۱+ و گروه کنترل تقسیم شدند (هر گروه ۱۲ نفر). هر گروه تقریباً توزیع برابر از پست‌های بازی شامل دفاع، میانی و حمله را داشت. دروازه بان‌ها به واسطه نیازهای فیزیکی و فیزیولوژیک و تمرینات بسیار متفاوت آنها از سایر بازیکنان از این مطالعه خارج شدند. قبل از آغاز برنامه مداخله، همه بازیکنان یک کارگاه آموزشی برای یادگیری روش درست اجرای تمرین‌ها را سپری کردند. آنها آموزش ویدئویی و توضیحات برنامه مداخله را دریافت کردند. به آزمودنی‌ها خلاصه شیوه نامه‌هایی که باید بپذیرند داده شد و از آنها خواسته شد تا از قبل آن را خوانده و فرم رضایتنامه را امضا کنند. همه جلسات تمرینی توسط یکی از محققان نظارت شد تا اطمینان حاصل شود که آنها استانداردهای پذیرش را پیروی کرده و تکنیک درست را استفاده می‌کنند.

برنامه تمرینی فیفا+۱۱، برنامه تمرینی پیشرفته‌ای می‌باشد که جهت پیشگیری از آسیب‌های پایین تنه در فوتبال‌بالیست‌ها طراحی شده است. این برنامه تمرینی شامل ۲۷ تمرین می‌باشد که ۱۸ تمرین آن در ۳ سطح مبتدی، متوسط و پیشرفته ارایه شده است. مدت زمان لازم جهت اجرای این برنامه تمرینی گرم کردن حدود ۲۵-۲۰ دقیقه می‌باشد. این برنامه ۳ بار در هفته به مدت ۸ هفته به همراه تمرینات رایج تکنیکی و تاکتیکی فوتبال توسط گروه تجربی انجام شد. گروه کنترل در همین مدت، صرفاً به تمرینات تکنیکی و تاکتیکی رایج فوتبال پرداختند. تمام بازیکنان تیم‌های گروه کنترل و تجربی، یک هفته قبل از آغاز مطالعه و یک هفته بعد از پایان برنامه تمرینی در مرکز آزمایشگاه بیومکانیک دانشگاه مازندران مورد ارزیابی قرار گرفتند.

برای اجرای آزمون فرود، آزمودنی در وضعیتی متعادل نزدیک به لبه سکویی با ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر به طریقی می‌ایستاد که پای غالب در حالت معلق (باشنه پا در تماس با لبه جلویی سکو) قرار گرفته و به لبه جلویی سکو تکیه داشته باشد (شکل ۱-ا). این وضعیت با کنترل مرکز ثقل، حرکات افقی بدن را محدود می‌کرد. وزن آزمودنی بصورت کامل بوسیله پای غیرغالب تحمل می‌شد. برای انجام آزمون از آزمودنی خواسته می‌شد تا بصورت کاملاً عمودی و متعادل، بدون خم کردن، پایین آوردن تنه و حالت پرشی، با فرمان آزمون‌گیرنده بر روی پای غالب فرود آید (شکل ۱-ب). پس از فرود از آزمودنی خواسته می‌شد وضعیت را برای پنج ثانیه حفظ کند و با اعلام آزمون‌گیرنده به اجرای خود خاتمه دهد. قبل از انجام آزمون، آزمودنی‌ها برای انجام صحیح آزمون مورد آموزش قرار می‌گرفتند. پس از یادگیری تکنیک در روز آزمون، هر آزمودنی سه بار فرود را تمرین می‌کرد. هر آزمودنی سه کوشش صحیح را با فاصله ۳۰ ثانیه انجام می‌داد (تکنیک فرود بوسیله آزمونگر چک شده و در صورت صحیح نبودن آزمون تکرار می‌شد) (شکل ۱).



شکل ۱: نحوه انجام فرود بر روی یک پا: (a) مرحله آمادگی قبل از فرود. (b) مرحله فرود، وضعیت تصویربرداری استاتیک: (c) نمای قدامی (d) نمای جانبی

جهت ارزیابی زوایای سه بعدی زانو با استفاده از دستگاه تجزیه و تحلیل حرکت (Motion analysis)، شش دوربین ویدئویی مدل JVC، ساخت کشور ژاپن (شکل ۲) و با سرعت فیلم برداری ۲۰۰ فریم در ثانیه، دو وضعیت استاتیک (شکل ۱-d) و اجرای آزمون فرود پای برتر آزمودنی‌ها در یک فضای سه بعدی کالیبراسیون شده، ترکیب شد. برای ارزیابی راستای سه بعدی زانو، نیاز به نصب مارکرها بر نقاط خاصی در اندام تحتانی بود. قبل از شروع فیلمبرداری مرحله مارکرگذاری انجام گردید.

مارکرگذاری بر مبنای روش CAST بود (۳۹) که با توجه به مدل آنتروپومتریکی دلوو<sup>۱</sup> (۳۰) تغییراتی در آن اعمال شد (شکل ۱). محل قرارگیری مارکرهای آناتومیک شامل دو مارکر روی خارخاصه جلویی بالایی راست و چپ، یک مارکر بر روی مهره پنجم کمری، دو مارکر روی دو طرف خط مفصلی زانوی راست (کندیلهای داخلی و خارجی فمور) و دو مارکر روی قوزک داخلی و خارجی پای راست بود. مارکرهای ترکیب شامل ۸ مارکر بود که در قالب ۲ کلاستر (Cluster) در یک سوم پایینی و خارج ساق پا و یک دوم خارجی ران راست قرار گرفت. مرکز مفصل ران از طریق مارکرهای خار خاصه جلویی بالایی راست و چپ و مارکر مهره پنجم کمری محاسبه شد (۳۱).

پس از استخراج مختصات سه بعدی نقاط به وسیله نرم افزار Simi motion، زوایای سه بعدی اندامها از طریق توالی کاردان/اولر در نرم افزار متلب محاسبه گردید (۳۲). متغیرهای کینماتیکی مورد بررسی در این تحقیق، شامل زوایای زانو در لحظه اولین تماس (Initial Contact) پا با زمین در صفحات ساجیتال، فرونتال و عرضی حین فرود تک پا بود. لازم به ذکر است لحظه اولین تماس پا با زمین با استفاده از دستگاه صفحه نیرو(زمانی که نیروی عمودی عکس‌العمل زمین از ۱۰ نیوتن فراتر رفت) تعیین شد (۳۳).



شکل ۲. دوربین ویدئویی مورد استفاده در این پژوهش

نتایج آزمون شاپیرو- ویلک<sup>۲</sup> توزیع طبیعی را نشان داد. بنابراین، برای تجزیه و تحلیل داده ها از آزمون‌های پارامتریک استفاده شد. از آزمون‌های t مستقل برای مقایسه بین گروهی متغیرها استفاده شد و همچنین برای بررسی اثر تمرین بر متغیرهای وابسته، آزمون t زوجی به کار رفت. اندازه اثر (ES)<sup>۳</sup> برای هر یک از متغیرها محاسبه شد. اختلاف معنادار آماری نیز در سطح  $P \leq 0/05$  تعیین شد.

## نتایج

میانگین و انحراف استاندارد مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌ها در جدول (۱) ارائه شده است. از آزمون t زوجی برای مقایسه درون گروهی (پیش آزمون و پس آزمون) (نمودار ۱) و آزمون t مستقل جهت مقایسه بین گروهی (گروه تمرین و کنترل) استفاده شد. نتایج آزمون t مستقل برای مقایسه میانگین نمرات پیش آزمون شاخص‌های کینماتیکی زانوی گروه‌های مورد مطالعه در لحظه فرود در جدول (۲) ارائه شده است.

1. De Leva, 1996  
2. Shapiro- Wilk test  
3. Effect size

**جدول ۱: میانگین و انحراف استاندارد مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌های گروه تمرین و کنترل.**

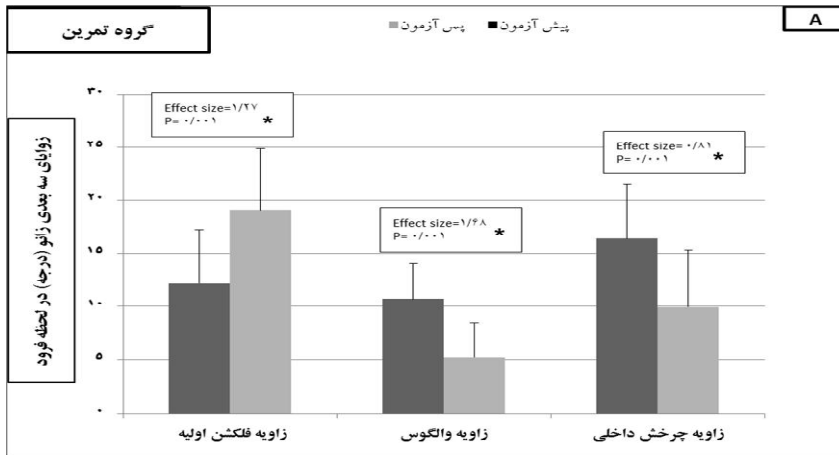
P	گروه کنترل (N=۱۲) (میانگین و انحراف استاندارد)	گروه تمرین (N=۱۲) (میانگین و انحراف استاندارد)	گروه‌ها متغیر
۱/۰۰	۱۹/۳۳±۱/۳۷	۱۹/۳۳±۱/۰۷	سن (سال)
۰/۳	۱۷۹±۴/۲۶	۱۷۷/۰۸±۸/۲۹	قد (سانتی‌متر)
۰/۷	۷۳/۲۵±۸/۵۱	۷۲/۲۵±۶/۸۹	وزن (کیلوگرم)
۰/۸	۴/۶۶±۱/۰۷	۴/۵۸±۰/۹۹	سابقه فعالیت ورزشی (سال)

**جدول ۲: مقایسه میانگین پیش آزمون زوایای زانوی گروه‌های مورد مطالعه در لحظه اولین تماس پا با زمین حین فرود**

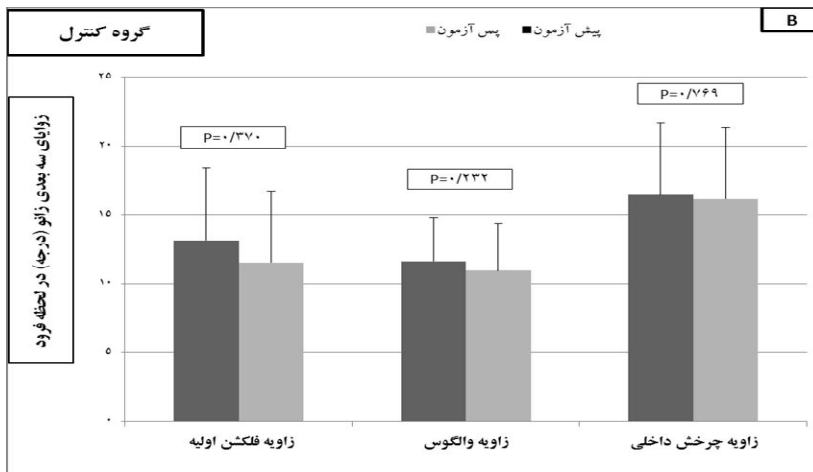
P	t	گروه کنترل (N=۱۲) (میانگین و انحراف استاندارد)	گروه تمرین (N=۱۲) (میانگین و انحراف استاندارد)	آماره متغیر
۰/۶	-۰/۴۷۹	۱۳/۱۷±۵/۲۸	۱۲/۱۶±۵/۰۷	زاویه فلکشن اولیه زانو (درجه)
۰/۵	-۰/۶۶۸	۱۱/۶۲±۳/۲۳	۱۰/۷۳±۳/۳۰	زاویه والگوس اولیه زانو (درجه)
۰/۹	-۰/۰۱۹	۱۶/۴۸±۵/۲۳	۱۶/۴۰±۵/۱۴	زاویه چرخش داخلی اولیه زانو (درجه)

نتایج آزمون تی مستقل نشان داد که بین شاخص‌های کینماتیکی زانو در پیش آزمون گروه‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. نتیجه آزمون تی زوجی جهت مقایسه تفاوت از پیش آزمون به پس آزمون در گروه‌های مورد مطالعه در نمودار ۱ ارائه شده است.

باتوجه به نتایج ارائه شده در نمودار ۱ بخش a، بعد از اجرای تمرینات پیشگیرانه، افزایش معنی‌دار در زاویه فلکشن اولیه و کاهش معنادار در زاویه والگوس و چرخش داخلی اولیه زانو در گروه تجربی بوجود آمده است در حالیکه تفاوت از پیش آزمون به پس آزمون در گروه کنترل معنی‌دار نمی‌باشد. همچنین نتایج آزمون تی مستقل در پس آزمون نشان داد که در زاویه فلکشن اولیه ( $t=۳/۳۸۲$ ،  $P=۰/۰۰۳$ )، زاویه والگوس زانو ( $t=-۴/۱۸۱$ )،  $t=$  و زاویه چرخش داخلی زانو ( $t=-۲/۱۹۳$ ،  $P=۰/۰۳۹$ ) گروه تمرین و کنترل اختلاف معنی‌داری وجود دارد.



\* نشان‌دهنده تغییر معنی‌دار از پیش‌آزمون به پس‌آزمون



نمودار ۱. مقایسه تغییرات میانگین زوایای مفصل زانو در لحظه اولین تماس پا با زمین حین فرود از پیش‌آزمون به پس‌آزمون گروه تجربی (A) و کنترل (B).

### بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحقیقات پیشین اظهار می‌دارد که همواره پایداری مفصل زانوی بازیکنان فوتبال از دغدغه‌های مربیان بدن ساز، بازیکنان و سرمربیان این تیم‌ها بوده است. همچنان که مطالعات همه‌گیر شناسی 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 (۳). 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 آنان را از آسیب‌های زانو مصون دارند (۳۴، ۳۵). نتایج این پژوهش بیانگر آن است که تمرینات پیشگیری آسیب فیفا ۱۱+ همچون نتایج برخی



پژوهش‌های اخیر می‌تواند بر کینماتیک بهتر زانوی پای غالب بازیکنان فوتبال در یک فرود تأثیر بسزایی داشته باشد. برخی از مطالعات نشان داده‌اند که آسیب‌های غیر برخورداردی زانو به ویژه آسیب‌های ACL به زوایای آن در سطوح مختلف حرکتی در لحظه فرود از یک پرش وابسته است (۱۷، ۲۴، ۲۵، ۳۶) لذا مکانیسم‌های آسیب و اثر تمرینات پیشگیری از آسیب فیفا +۱۱ بر راستای زانوی بازیکنان جوان مرد فوتبال را باید در سطوح حرکتی ساجیتال، فرونتال و هوریزنتال به طور جداگانه مورد بررسی قرار داد.

در مقایسه بین پیش آزمون و پس آزمون گروه تجربی تحقیق حاضر، افزایش زاویه فلکشن زانو در لحظه اولین تماس پا با زمین مشاهده شد. برخی از مطالعات بیان می‌دارند بین فلکشن زانو و احتمال آسیب ACL ارتباط وجود دارد و بیشتر این آسیب‌ها در زوایای نزدیک به اکستنشن کامل اتفاق می‌افتد (۱۷). از طرفی نیروی برشی قدامی (Anterior shear force) اصلی‌ترین عامل تعیین کننده در میزان بار وارد آمده بر ACL است (۳۷). بنابراین زمانی که فلکشن در زانو بیشتر می‌شود، زاویه بین تاندون پتلا و تیبیا افزایش می‌یابد و نیروی حاصل از انقباض کوادریسپس در پروگزیمال تیبیا، نیروی برشی قدامی کمتری تولید می‌کند و با کاهش نیروی وارد بر ACL توام می‌شود (۳۸). این موضوع به عنوان یک نظریه مطرح شده است که، نیروی قدرتمند عضله چهارسر در زمانی که زاویه فلکشن زانو کم است، می‌تواند نیروی جلو برنده‌ای را تولید کند که سبب پارگی ACL شود (۳۹). از طرف دیگر، ضعف عضلات همسترینگ نسبت به چهارسر می‌تواند این مکانیسم آسیب را تشدید کند (۴۰) لذا برای جلوگیری از آن، اثر تمرینات می‌بایست نسبت نیروی عضله چهارسر به عضلات همسترینگ را متناسب نماید. از آنجایی که همسترینگ در استحکام زانو همکار ACL است و تقویت آن موجب کاهش آسیب از طریق کنترل حرکت مفصل زانو در سطح ساجیتال می‌شود لذا در تمرینات پیشگیری از آسیب فیفا +۱۱ تحقیق حاضر، با بهره گیری از تمرینات مقاومتی به ویژه تقویت عضلات همسترینگ نیروی جلو برنده‌ای درشت‌نی در لحظه فرود از جانب عضله چهارسر با مقاومت همسترینگ کاهش پیدا کرده و از راستای نامناسب در زانو جلوگیری می‌کند.

با بررسی گزارشات گذشته مشاهده می‌شود نتایج مربوط به زاویه فلکشن زانو در لحظه فرود با وجود استفاده از تمرینات مختلف، با یکدیگر همسو می‌باشند. چاپل<sup>۱</sup> و همکاران (۴۱) گزارش کردند برنامه تمرینی عصبی عضلانی، باعث افزایش در زاویه بیشینه فلکشن زانو در حین تکلیف حرکتی فرود- پرش ورزشکاران می‌شود. همچنین میر و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی اثر تمرینات جامع عصبی عضلانی به این نتیجه رسیدند که ترکیب تمرینات چند جانبه با برنامه جامع، مقادیر بیومکانیکی اجرا (از جمله زاویه فلکشن زانو) را بهبود می‌بخشد (۴۲). این نتایج بیان می‌کند که تمرین عصبی عضلانی از طریق برنامه گرم کردن پیشگیری آسیب می‌تواند به طور مثبت استراتژی‌های حرکتی ورزشکاران را اصلاح کند.

از نتایج این پژوهش، تأثیر هشت هفته برنامه تمرینی پیشگیری از آسیب فیفا بر زاویه والگوس زانوی بازیکنان جوان مرد فوتبال با اندازه اثری بالا می‌باشد. محدودیت‌های مفصلی و لیگامنتی در صفحه فرونتال، دامنه حرکتی در این صفحه را در مقایسه با صفحه حرکتی ساجیتال کوچک تر کرده است (۴۳) بنابراین کنترل عصبی - عضلانی زانو در صفحه فرونتال، نقش مهمی در حفظ سلامت ACL حین فعالیت‌های ورزشی دارد؛ چرا که میزان گشتاورهای تولیدی حول مفصل زانو در این صفحه ارتباط نزدیکی با آسیب ACL دارد (۲۲). در این بین، زاویه والگوس زانو هنگام فعالیت‌های ورزشی یکی از قوی ترین پیش بینی کننده‌های آسیب ACL به شمار می رود و

میزان آن ارتباط مستقیمی با میزان گشتاور ابدکتوری وارد بر این مفصل دارد (۴۴). از طرفی نتایج برخی تحقیقات بیانگر آن است که تمرینات عصبی عضلانی می‌تواند آسیب‌های ACL ناشی از والگوس ترکیبی را کاهش دهند (۴۵). بنابراین برنامه‌های تمرینی تحقیق حاضر مشابه با تمرینات عصبی عضلانی دیگر پژوهش‌ها با تاکید بر تقویت و حفظ تعادل در نیروی عضلانی عضلات چهارسر و همسترینگ، 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<sup>۱</sup> و همکاران در سال ۲۰۰۶ با ارائه یک برنامه تمرینی پیشگیرانه در دو گروه که شامل گروه تمرینات پلائیومتریک و گروه تمرینات تعادلی بودند، مشاهده کردند که زاویه والگوس زانو هر دو گروه در فرود از یک پله آنان کاهش معنی‌داری یافته است. همچنانکه در تحقیق حاضر نیز از تمرینات تعادلی و پلائیومتریک استفاده شده است لذا ممکن است علت همسوئی آن با تحقیق حاضر تاثیر این نوع تمرینات باشد (۴۶). همچنین دیستفانو<sup>۲</sup> 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 معنی‌داری در خطاهای فرود (از جمله والگوس زانو) وجود داشت و ورزشکاران با نمره‌های بالا در آغاز فصل بیشترین مقدار بهبود را نشان داد (۴۷). این نتایج بیان می‌کند که خطاهای فرود و فاکتورهای خطری که می‌تواند باعث افزایش خطر آسیب ACL شود می‌تواند از طریق برنامه‌های پیشگیری از آسیب مورد هدف قرار گرفته و اصلاح شود. از طرفی اثر ۶ هفته برنامه پیشگیری از آسیب ACL درون فصل بر سینماتیک ران و زانو طی عمل فرود در تحقیق پولارد<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۶) (۴۸) بررسی شد. این برنامه شامل تمرینات کششی، قدرتی، پولیومتریک و چلبکی بود که در آن ۱۸ بازیکن زن فوتبال بین سنین ۱۴ تا ۱۷ سال در این تحقیق شرکت کردند. سینماتیک سه بعدی ران و زانو طی عمل فرود ارزیابی شده و مقادیر حداکثر زوایای مفاصل ران و زانو طی مرحله کاهش شتاب، قبل و بعد تمرینات مقایسه شدند. نتایج نشان داد متعاقب تمرینات، چرخش داخلی ران کاهش و ابداکشن ران افزایش پیدا کرد اما تغییری در زوایای ولگوس 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 آبدکتورهای 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 (۴۹). 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 (۴۹) 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 این پژوهش، برنامه تمرینی پیشگیری از آسیب فیفا +۱۱ توانسته است اثر بالا و مطلوبی بر کاهش زاویه چرخش داخلی زانوی بازیکنان مرد فوتبال در لحظه فرود داشته باشد. با توجه به اینکه تحقیقات سینماتیکی زانو در سطح حرکتی هوریزنتال فقط بصورت سه بعدی 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 دادند آسیب‌های غیر برخوردی ACL با حداقل فلکشن و اغلب با

1. Myer et al  
2. Distefano et al  
3. Pollard et al

"والگوس" به صورت حرکات چرخشی زانو در صفحه هوریزنتال رخ می‌دهند و کنترل عصبی عضلانی را دچار اختلال می‌کنند و همچنین احتمال آسیب‌دیدگی را در این صفحه افزایش می‌دهند (۱۷، ۲۴). از طرفی تمرینات عصبی عضلانی نشان داده‌اند که می‌توانند از بروز چنین آسیب‌هایی پیشگیری کنند (۵۰). همچنانکه تمرینات عصبی عضلانی در این تحقیق نیز توانسته‌اند بر کاهش چرخش داخلی زانو تأثیر گذار باشند.

از دلایل اثربخشی این برنامه می‌توان به نوع تمرینات مورد استفاده در برنامه +۱۱ اشاره نمود. فاکتورهایی که می‌توانند در اثربخشی یک برنامه تمرینی در پیشگیری از آسیب موثر باشند عبارتند از تمرینات: دویندی، کششی فعال، تقویت ثبات مرکزی، قدرتی، تعادلی، پلیومتریک، آگاهی و آموزش نسبت به راستای اندام تحتانی، تکنیک صحیح تغییر جهت‌های ناگهانی، پریدن و فرود آمدن که در برنامه +۱۱ همگی عوامل مذکور در نظر گرفته شده‌اند. مطالعات پیشین نشان داده‌اند هریک از این انواع تمرین به تنهایی می‌توانند در بهبود شاخص‌های پیشگیری آسیب زانو موثر باشند. نتایج این تحقیق نشان داد که ترکیب منتخبی از این عوامل تمرینی در قالب یک برنامه جامع گرم کردن ۲۰ دقیقه‌ای توانست اثرات بالقوه پیشگیری مثبتی را ایجاد کند طوری که تغییرات معنی داری در کینماتیک زانوی بازیکنان مرد جوان فوتبال در حین تکلیف حرکتی فرود متعاقب برنامه پیشگیری آسیب فیفا مشاهده شد. بنابراین با در نظر گرفتن افزایش معنادار در زاویه فلکشن اولیه زانو و کاهش والگوس و چرخش داخلی زانو می‌توان عنوان کرد که احتمالاً برنامه تمرینات فیفا +۱۱ بتواند تاثیرگذاری مثبت در تعدیل عوامل خطر ساز آسیب رباط متقاطع قدامی داشته باشد.

انجام این تحقیق دارای چندین محدودیت احتمالی است که در تفسیر نتایج باید مد نظر قرار گیرند. اول، تمرینات فیفا +۱۱ برنامه‌ای چند مؤلفه‌ای شامل: تمرینات تعادلی، پلیومتریک، قدرتی و تمرینات دویندی است. با این حال، ما قادر به تشریح اثرات جداگانه هر یک از این مؤلفه‌های برنامه نبودیم. دوم، به علت تمرکز بر بازیکنان فوتبال پسر جوان در تعمیم‌پذیری نتایج این تحقیق محدودیت وجود دارد. با توجه به تفاوت‌های بیومکانیکی میان مردان و زنان ورزشکار نمی‌توان اظهار کرد که زنان نیز به اندازه مردان از این تمرینات تأثیر می‌پذیرند. لذا به سایر محققان پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده خود اثر تمرینات گرم کردن فیفا +۱۱ را بر روی هر دو جنسیت در دوره‌های سنی مختلف بررسی و نتایج را با برنامه‌های پیشگیری تک مؤلفه‌ای مورد مقایسه قرار دهند.

### تشکر و قدردانی

این پژوهش با همکاری دانشکده‌های تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه خوارزمی و مازندران انجام گردید. لذا محققین مراتب قدردانی و تشکر خود را از این مراکز اعلام می‌کنند. همچنین محققان مراتب سپاس خود را از همکاری مدیرعامل، مربیان و بازیکنان باشگاه‌های فرهنگی ورزشی شهدای جنوب و استقلال ساری که در این تحقیق شرکت کردند، ابراز می‌دارند.

## References:

1. Rahnama N. 2011. Prevention of football injuries. *Int J Prev Med.* 2(1): 38-40.
2. Rahnama N, Reilly T, Lees A. 2002. Injury risk associated with playing actions during competitive soccer. *Br J Sports Med.* 36(5): 354-59.
3. Dvorak J. 2011. Osteoarthritis in football: FIFA/F-MARC approach. *Br J Sports Med.* 45:673-6.
4. Rahnama N, Bambaichi E, Daneshjoo AH. 2009. Prevalence and causes of anterior cruciate ligament injury in Iranian male professional soccer players. *Olympic Quarterly.* 44(4): 7-16. [Persian]
5. Myklebust G, Maehlum S, Holm I, Bahr R. 1998. A prospective cohort study of anterior cruciate ligament injuries in elite Norwegian team handball. *Scand J Med Sci Sports.* 8(3): 149-53.
6. Griffin LY, Agel J, Albohm MJ, Arendt EA, Dick RW, Garrett WE, et al. 2000. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *J Am Acad Orthop Surg.* 8(3): 141-50.
7. Huston LJ, Greenfield MLV, Wojtys EM. 2000. Anterior cruciate ligament injuries in the female athlete: potential risk factors. *Clin Orthop Relat Res.* 372: 50-63.
8. Palmieri-Smith RM, McLean SG, Ashton-Miller JA, Wojtys EM. 2009. Association of quadriceps and hamstrings cocontraction patterns with knee joint loading. *J Athl Train.* 44(3):256.
9. Hewett TE, Shultz SJ, Griffin LY. 2007. Understanding and Preventing Noncontact ACL Injuries. HUMAN KINETICS PUB Incorporated. P: 35-40.
10. Brukner P, Khan K. 2011. Brukner & Khan's Clinical Sports Medicine. McGraw-Hill, Incorporated. P: 645: 56-59.
11. Soligard T, et al. 2008. Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: Cluster Randomized Controlled Trial. *Br J Sports Med.* 337: a2469.
12. Zarei M. 2014. Effect of comprehensive FIFA warm up programs on injuries incidence and performance in male soccer players'. PhD thesis. University of Tehran. Faculty of Physical Education and Sport Sciences. [Persian]
13. Steffen K, Meeuwisse WH, Romiti M, Kang J, McKay C, Bizzini M, et al. 2013. Evaluation of how different implementation strategies of an injury prevention programme (FIFA 11+) impact team adherence and injury risk in Canadian female youth football players: a cluster-randomized trial. *Br J Sports Med.* 47:480-8.
14. Gavril DM. 1999. The visual analysis of human movement: A survey. *Computer vision and image understanding.* 73(1): 82-98.
15. Finch C. 2006. A new framework for research leading to sports injury prevention. *J Sport Sci Med.* 9(1): 3-9.
16. Bahr R, Krosshaug T. 2005. Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. *Brit J Sport Med.* 39(6): 324-329.
17. Boden BP, et al. 2000. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *J Orthop.* 23(6): 573.
18. Ireland ML. 1999. Anterior cruciate ligament injury in female athletes: epidemiology. *J Athl Train.* 34(2): 150.
19. Kirkendall DT, Garrett WE. 2000. The anterior cruciate ligament enigma: injury mechanisms and prevention. *Clin Orthop Relat Res.* 372: 64-68.
20. Decker M, Torry M, Wyland D, Sterett W, Steadman J. 2003. Gender differences in lower extremity kinematics, kinetics and energy absorption during landing. *Clin Biomech.* 18:662-669.

21. Munro A, Herrington L, Comfort P. 2012. Comparison of landing knee valgus angle between female basketball and football athletes: possible implication for anterior cruciate ligament and patellofemoral joint injury rates. *Phys Ther Sport*. 13(4):259-264.
22. 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.
23. Yu B, Garrett WE. 2007. Mechanisms of non-contact ACL injuries. *Br J Sports Med*. 41(1): 47-51.
24. 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.
25. Boden BP, Torg JS, Knowles SB. 2009. Video analysis of anterior cruciate ligament injury: Abnormalities in hip and ankle kinematics. *Am J Sports Med*. 37:252-259.
26. DeMorat G, Weinhold P, Blackburn T. 2004. Aggressive quadriceps loading can induce noncontact anterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med*. 32:477-483.
27. Seyedi MR, et al. 2014. Comparing the incidence of ACL injury risk patterns (at the dominant and nondominant leg during cutting movement to Differentiated by gender. *J Sports Med*. 5(2) 23-37. [Persian]
28. James CR, et al. 2004. Gender differences among sagittal plane knee kinematic and ground reaction force characteristics during a rapid sprint and cut maneuver. *Res Quart Exerc Sport*. 75(1): 31.
29. Cappozzo A, Catani F, Della Croce U, Leardini A. 1995. Position and orientation in space of bones during movement: anatomical frame definition and determination. *Clinic Biomech*. 10: 171-178
30. De Leva P. 1996. Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameters. *J Biomech*. 29(9): 1223-1230
31. Bell AL, Brand RA, Pedersen DR. 1989. Prediction of hip joint centre location from external landmarks. *HMS J*. 8(1):3-16.
32. Winter D. 2009. *The biomechanics and motor control of human gait*. 4th ed. Canada: Waterloo: University of Waterloo Press. p: 176.
33. Iida Y, Kanehisa H, Inaba Y, Nakazawa K. 2011. Activity modulations of trunk and lower limb muscles during impact-absorbing landing. *J Electro Kinesio*.
34. Faude O, Robber R, Junge A. 2013. Football injuries in children and adolescent players: Are there clues for prevention? *Sport Med*. 43: 819-837.
35. 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.
36. Demorat G, Weinhold p, Blackburn T, et al. 2004. Aggressive quadriceps loading can induce noncontact anterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med*. 32:477 - 83.
37. Markolf KL, Burchfield DM, Shapiro MM, Shepard MF, Finerman GA, Slaughterbeck JL. 1995. Combined knee loading states that generate high anterior cruciate ligament forces. *J Orthop Res*. 13(6): 930-5.
38. 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.
39. 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.

40. Wojtys 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.
41. 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.
42. Myer GD, Ford KR, Palumbo JP, Hewett TE. 2005. Neuromuscular training improves performance and lower extremity biomechanics in female athletes. *J Stren & Cond Research.* 19:51–60.
43. 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.
44. 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.
45. 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.
46. 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.
47. 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.
48. Pollard CD, Sigward SM, Ota S, Langford K, Powers CM. 2006. The influence of in-season injury prevention training on lowerextremity kinematics during landing in female soccer players. *Clin J Sport Med.* 16:223–227.
49. Risberg MA, Holm I, Myklebust G, Engebretsen L. 2007. Neuromuscular training versus strength training during first 6 months after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomizwd clinical trial. *Phys Ther.* 87: 737–750.
50. Hrysmallis C. 2007. Relationship between balance ability, traing and sports injury risk. *Sports Med.* 37(6): 547–556.