

# Effect of Comprehensive FIFA +11 Injury Prevention Program on EMG and Kinetic Factors of Knee Joint in 10-12 Year-Old Soccer Players

Yaber Karamolla Chaab<sup>1</sup>, Sadraddin Shojaaddin<sup>2</sup>, Amir Letafatkar<sup>3</sup>, Malihe Hadadnezhad<sup>3</sup>, Shahin Goharpay<sup>4</sup>

1. PhD Candidate of sport injury and corrective exercises, Faculty of physical education and sport sciences, Kharazmi university, Tehran, Iran
2. PhD, Associate professor of sport injury and corrective exercises, Faculty of physical education and sport Sciences, Kharazmi university, Tehran, Iran
3. PhD, Assistant Professor of sport injury and corrective exercises, Faculty of physical education and sport sciences, Kharazmi university, Tehran, Iran
4. PhD, Assistant Professor of Physiotherapy School of Paramedical Sciences Musculoskeletal Rehabilitation Research Center, Jundishapur University of Medical sciences, Ahvaz, Iran

Received: 2019.April.29 Revised: 2019.June.10 Accepted: 2019.August.07 Published Online: 2019.September.12

## ABSTRACT

**Background and Aims:** The previous studies have shown that FIFA +11 program considerably reduces soccer players' sport injuries, but there is limited information about the effect of this program on EMG and kinetic factors of adolescent soccer players. Thus, the aim of the current study was to investigate the effect of comprehensive FIFA +11 injury prevention program on EMG and kinetic factors of knee joint in 10-12 year-old soccer players.

**Materials and Methods:** A total of 30 males (aged  $10.88 \pm 0.39$  years, height  $146.69 \pm 4.91$  cm, and weight  $43.95 \pm 6.31$  kg) were randomly assigned to FIFA 11+ (n=15) and control (n=15) groups. The FIFA 11+ group completed training 3 times a week for 8 weeks; training lasted for 20 min for each session. EMG and kinetic factors were respectively measured using EMG and forceplate sets during landing. For data analysis, repeated measures analysis of variance, independent-sample, and paired t tests were used.

**Results:** It was found that FIFA11+ training caused significantly increased EMG activity of vastus medialis, gluteus medius muscles, and decreased EMG activity of lateral hamstring and lateral gastrocnemius muscles, but there was no significant decrease in EMG activity of vastus lateralis. Also, peak vertical and posterior ground reaction forces and anteroposterior and mediolateral time to stabilization values decreased significantly.

**Conclusion:** We found that FIFA11+ program can improve the neuromuscular and kinetic characteristics of lower extremities in adolescent soccer players, and potentially reduce the risk of ACL injury during landing. Thus, it is recommended that coaches and athletes use the FIFA 11+ trainings at the beginning of training sessions to reduce the risk factors associated with anterior cruciate ligament injury.

**Keywords:** Injury prevention; FIFA 11+; Anterior cruciate ligament; Electromyography; Kinetic

How to cite this article: Yaber Karamolla Chaab, Sadraddin Shojaaddin, Amir Letafatkar, Shahin Goharpay, Malihe Hadadnezhad. Effect of Comprehensive FIFA +11 Injury Prevention Program on EMG and Kinetic Factors of Knee Joint in 10-12 Year-Old Soccer Players. J Rehab Med. 2020; 9(2):110-117.

## تاثیر برنامه جامع پیشگیری از آسیب فیفا + ۱۱ بر فاکتورهای الکترومایوگرافی و کینتیکی مفصل زانو در فوتبالیست‌های نوجوان پسر ۱۲-۱۰ ساله

یابر کرملاجعب<sup>۱\*</sup>، صدرالدین شجاع‌الدین<sup>۲</sup>، امیرلطافت کار<sup>۳</sup>، ملیحه حدادنژاد<sup>۳</sup>، شاهین گوهرپی<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی دکتری آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی تهران، تهران، ایران
۲. دانشیار گروه آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۳. استادیار گروه آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۴. استادیار فیزیوتراپی گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی مرکز تحقیقات توانبخشی بیماری اسکلتی و عضلانی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور، اهواز، ایران

پذیرش مقاله ۱۳۹۸/۰۵/۱۶

بازنگری مقاله ۱۳۹۸/۰۳/۲۰

دریافت مقاله ۱۳۹۸/۰۲/۰۶

### چکیده

**مقدمه و اهداف:** مطالعات نشان داده‌اند برنامه +۱۱ فیفا به طور قابل توجهی آسیب‌های ورزشی بازیکنان فوتبال را کاهش می‌دهد، اما اطلاعات محدودی در مورد تاثیر این برنامه بر فاکتورهای الکترومایوگرافی و کینتیکی کودکان فوتبالیست وجود دارد؛ بنابراین هدف مطالعه حاضر تاثیر برنامه جامع پیشگیری از آسیب +۱۱ فیفا بر شاخص‌های الکترومایوگرافی و کینتیکی مفصل زانو در فوتبالیست‌های نوجوان پسر ۱۲-۱۰ ساله است.

**مواد و روش‌ها:** ۳۰ نفر فوتبالیست پسر با میانگین سن  $10/88 \pm 0/39$  سال، قد  $146/69 \pm 4/91$  سانتی‌متر و وزن  $43/95 \pm 6/31$  کیلوگرم برای انجام پژوهش حاضر انتخاب شدند و به صورت تصادفی به دو گروه تمرینات +۱۱ فیفا (۱۵ نفر) و کنترل (۱۵ نفر) تقسیم شدند. گروه +۱۱ فیفا تمرینات را به مدت هشت هفته و سه جلسه در هفته انجام دادند. همچنین مدت تمرین در هر جلسه ۲۰ دقیقه طول کشید. با استفاده از دستگاه الکترومایوگرافی و صفحه نیرو به ترتیب شاخص‌های الکترومایوگرافی و کینتیکی در طول فرود اندازه‌گیری شد. جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات از آزمون‌های آماری زوجی و مستقل و تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر استفاده شد.

**یافته‌ها:** نتایج تحلیل آماری نشان داد تمرین +۱۱ فیفا تاثیر معناداری بر افزایش فعالیت الکترومایوگرافی عضلات گلوئوس مدیوس و واستوس مدیالیس داشته، اما میزان فعالیت عضلات لترال همسترینگ و لترال گاستروکنمیوس کاهش یافت، درحالی‌که در میزان فعالیت عضله واستوس لترالیس کاهش معناداری مشاهده نشد. همچنین حداکثر نیروهای عکس‌العمل زمین در جهات عمودی و خلفی و مقادیر زمان رسیدن به پایداری در دو جهت قدامی-خلفی و داخلی-خارجی به طور معناداری کاهش یافت.

**نتیجه‌گیری:** نتایج مطالعه حاضر نشان داد تمرینات جامع گرم کردن +۱۱ فیفا می‌تواند موجب بهبود ویژگی‌های کینتیکی و نرم‌سکولار اندام تحتانی در فوتبالیست‌های نوجوان شود و به طور بالقوه ریسک آسیب ACL به هنگام فرود را کاهش دهد؛ لذا به مربیان و ورزشکاران پیشنهاد می‌شود به منظور پیشگیری از آسیب لیگامان ACL از تمرینات گرم کردن +۱۱ فیفا در ابتدای جلسات تمرینی بهره‌مند شوند.

**واژه‌های کلیدی:** پیشگیری از آسیب؛ +۱۱ فیفا؛ لیگامان صلیبی قدامی؛ الکترومایوگرافی؛ کینتیکی

## مقدمه و اهداف

فوتبال یکی از محبوب‌ترین رشته‌های ورزشی در ایران و جهان است. بر اساس آمار منتشرشده از سوی فیفا، ۲۷۰ میلیون نفر در جهان فوتبال بازی می‌کنند، اما میزان بروز آسیب‌ها نیز در این ورزش شایان توجه است.<sup>[۱]</sup> فوتبال، از زمره ورزش‌های پربرخورد طبقه‌بندی می‌شود، پربرخورد بودن ورزش فوتبال به همراه افزایش روزافزون جمعیت مشتاق به این ورزش، احتمال بروز آسیب را نیز افزایش می‌دهد. حدود ۸۵ درصد این آسیب‌ها در بازیکنان زیر ۲۳ سال و ۴۵ درصد در بازیکنان زیر ۱۵ سال اتفاق می‌افتد.<sup>[۲]</sup> بروز آسیب در بازیکنان کم‌سن ممکن است موجب بروز اختلال در صفحات رشد شود. اختلال در صفحات رشد نیز موجب ایجاد اختلاف در طول اندام‌ها، ناهنجاری‌های زاویه‌ای، تغییر در مکانیک مفصل و سایر معلولیت‌های طولانی می‌شود.<sup>[۳]</sup> زانو یکی از شایع‌ترین محل‌های بروز آسیب در فوتبال است.<sup>[۴]</sup>

آسیب‌های زانو به‌خصوص آسیب رباط صلیبی قدامی (ACL) از جدی‌ترین ضایعات زانو است و مکرر در حین فعالیت‌های ورزشی اتفاق می‌افتد که به صورت برخوردی (۳۰ درصد) و غیربرخوردی (۷۰ درصد) دچار آسیب و پارگی می‌شود.<sup>[۵]</sup> آسیب ACL می‌تواند عوارض متعددی را بر جای بگذارد؛ از جمله عوارض کوتاه‌مدت آن می‌توان به درد، سفتی، تورم مفصلی و از جمله عوارض بلندمدت آن می‌توان به بی‌ثباتی مفصل، استئوآرتریت، آسیب‌های مینیسک و اختلالات عملکردی اشاره نمود و به همین نسبت درمان پیچیده و طولانی مدتی نیاز دارد.<sup>[۶]</sup> امروزه به شناسایی و درک مکانیسم‌های آسیب غیربرخوردی ACL به منظور پیشگیری مؤثرتر از آن‌ها بیشتر توجه شده است. آسیب‌های غیربرخوردی ACL معمولاً حین کاهش شتاب، پرش-فرود، یا هنگام چرخش و آماده شدن برای انجام مانورهای پرشی رخ می‌دهد. در واقع الگوی حرکتی رایج حین آسیب ACL شامل کاهش زوایای فلکشن زانو، ران و تنه به همراه افزایش والگوس زانو، چرخش داخلی درشت‌نی است.<sup>[۷]</sup> بزرگی نیروهای عکس‌العمل زمین<sup>۲</sup> و نیروی برشی قدامی<sup>۳</sup> تیپاً<sup>۴</sup> به هنگام فرود در تکالیف مختلف ورزشی از ریسک‌فاکتورهای آسیب لیگامان ACL است.<sup>[۸]</sup> از طرفی دیگر، حفظ تعادل به هنگام فرود نیازمند پایداری پاسچرال داینامیکی است که تحت عنوان توانایی انتقال از یک حرکت داینامیک به یک حالت استاتیک تعریف می‌شود.<sup>[۹]</sup> اخیراً تعداد قابل توجهی از ادبیات منتشرشده از اندازه‌گیری‌های فانکشنال پایداری پاسچرال داینامیک در تحقیق خود استفاده کرده‌اند که این اندازه‌گیری به زمان رسیدن به پایداری<sup>۴</sup> معروف است. زمان رسیدن به پایداری شامل پرش-فرود تک‌پا بر روی صفحه نیرو و محاسبه و کمی‌سازی پایداری پاسچرال داینامیک است. هرچه مقادیر زمان رسیدن به پایداری بزرگتر باشد، نشان‌دهنده پایداری

پاسچرال داینامیکی ضعیف است و بالعکس. زمان رسیدن به پایداری بزرگتر، ریسک پارگی لیگامان ACL را بالاتر می‌برد.<sup>[۱۰]</sup> از سایر علل ایجاد مکانیسم‌های آسیب رباط صلیبی قدامی می‌توان به فاکتورهای کنترل عصبی-عضلانی اشاره کرد. سیستم کنترل عصبی-عضلانی به صورت نوعی از دو مدل عملکردی تحت عنوان کنترل فیدبک و کنترل فیدفوروارد به صورت مجزا اما در کنار هم مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مواجهه با مکانیسم‌های آسیب مفصلی و لیگامانی کنترل فیدفوروارد اهمیت و نقش بیشتری در تامین ثبات داینامیکی مفصل زانو دارد، چرا که مشخص شده است در طی حرکات سریع و شرایط ورزشی، زمان وقوع آسیب به لیگامان بسیار کمتر از آن است که سیستم کنترل فیدبکی فرصت پیدا کند سیستم به مقابله با نیروهای وارده بپردازد و قبل از فعال شدن عضله به صورت واکنشی (فیدبکی) آسیب اتفاق افتاده است.<sup>[۱۱]</sup> عضلات کوادریسپس، همسترینگ و گاستروکنمیوس دستخوش هم‌انقباضی رفلکسی و مقدماتی می‌شوند تا با افزایش سفتی مفصل، باعث جلوگیری از آسیب شوند. از طرفی دیگر، فعال شدن نامناسب فعالیت عضله گلوئوس مدیوس، منجر به مقاومت کمتر در برابر چرخش داخلی و نزدیک شدن ران می‌شود. کاهش در فعالیت پیش-بین عضلات اداکتور ران، سفتی ران را در صفحه فرونتال کاهش می‌دهد. همچنین کاهش فعالیت پیش‌بین، در کاهش گشتاور مفصلی و کاهش گشتاور اداکتوری خارجی ران نقش دارد.<sup>[۱۲]</sup> مطابق با تحقیقات انجام‌شده، یکی از عوامل کاهش‌دهنده عوامل خطر نوروماسکولار زانو، تمرینات پیشگیری عصبی-عضلانی است که این تمرینات بر اساس برنامه‌های تمرینی اختصاصی تقویت کنترل نوروماسکولار طراحی شده است و به این ترتیب از طریق بهبود ثبات داینامیک زانو، به کاهش خطر آسیب لیگامان ACL کمک می‌کند.<sup>[۱۳]</sup> در سال ۲۰۰۶ فیفا با همکاری یک گروه از متخصصان و مربیان باتجربه فوتبال برنامه گرم کردن موسوم به "۱۱+" را جهت پیشگیری از آسیب‌های اندام تحتانی بازیکنان فوتبال معرفی نمود و در سالیان اخیر نیز آن را به طور گسترده‌ای در سرتاسر جهان توسعه داده است.<sup>[۱۴]</sup> گرانی<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند اگر برنامه +۱۱ فیفا به درستی اجرا شود، پتانسیل کاهش میزان آسیب ACL در بازیکنان فوتبال را دارد.<sup>[۱۵]</sup> به دنبال آن سادیگورسکی<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۱۷) در یک مطالعه‌ی مروری بیان کردند برنامه گرم کردن +۱۱ فیفا می‌تواند ریسک آسیب در بازیکنان فوتبال را تا ۳۰ درصد کاهش دهد.<sup>[۱۶]</sup> روسلر<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۱۶) به تاثیر برنامه گرم کردن +۱۱ فیفا مخصوص کودکان بر عملکرد حرکتی بازیکنان در رده سنی ۷-۱۲ سال پرداختند. از ۱۲ تیم فوتبال، ۵۶ نفر در گروه تمرینی و ۶۷ نفر در گروه کنترل شرکت کردند. گروه تمرینی

5 Granelli

6 Sadigursky

7 Rossler

1 Anterior Cruciate Ligament

2 Ground Reaction Force

3 Proximal Tibial Anterior Shear Force

4 Time to Stabilization

لترال همسترینگ و لترال گاستروکنمیوس کاهش یافت، درحالی که در میزان فعالیت عضله واستوس لترالیس کاهش معناداری مشاهده نشد. همچنین حداکثر نیروهای عکس العمل زمین در جهات عمودی و خلفی و مقادیر زمان رسیدن به پایداری در دو جهت قدامی-خلفی و داخلی-خارجی به طور معناداری کاهش یافت.

### بحث

هدف مطالعه حاضر تاثیر برنامه جامع پیشگیری از آسیب فیفا +۱۱ بر شاخص‌های الکترومایوگرافی و بیومکانیکی مفصل زانو و فاکتورهای عملکردی در فوتبالیست‌های نوجوان پسر ۱۲-۱۰ ساله شهر اهواز بود. نتایج نشان داد که تمرینات +۱۱ فیفا موجب تاثیرگذاری معنادار بر فعالیت الکتریکی فیدفوراردی و فیدبکی عضلات لترال همسترینگ، واستوس مدیالیس، گلوئتوس مدیوس و لترال گاستروکنمیوس شد، ولی در فعالیت الکتریکی عضله واستوس لترالیس تاثیر معناداری یافت نشد. همچنین تمرینات +۱۱ فیفا در فاکتورهای کینتیکی حداکثر نیروی عکس العمل زمین در جهات عمودی و خلفی، زمان رسیدن به پایداری در جهات قدامی-خلفی و داخلی-خارجی تاثیر معناداری داشت.

فعالیت عضلانی پیش از فرود و بعد از فرود بسیار حائز اهمیت است. فعالیت فیدفوراردی نشان می‌دهد که انقباض عضله پیش از فرود رخ داده و حرکت را پیش‌بینی می‌کند. به هنگام فرود و قبل از تماس پا با زمین، عضلات اندام تحتانی فعال می‌شوند تا موجب جذب نیروهای اعمالی در زمان تماس شوند.<sup>[۲۱]</sup> فعالیت عضله پس از فرود و نحوه پاسخ به نیروها و گشتاورهای اعمال شده در نتیجه نیروهای عکس العمل زمین است.<sup>[۲۱]</sup> با توجه به نتایج مطالعه حاضر، تغییرات معناداری در فعالیت فیدفوراردی و فیدبکی همه عضلات مورد بررسی به جز عضله واستوس مدیالیس پس از اجرای تمرینات پیشگیری +۱۱ فیفا حاصل شد. با توجه به محدود بودن تحقیقات در ارتباط با اثر برنامه پیشگیری از آسیب +۱۱ فیفا بر فعالیت الکتریکی عضلات اطراف زانو تنها دو تحقیق یافت شد، در ایران قاسمی و همکاران (۱۳۹۵) به تاثیر هشت هفته تمرین گرم کردن +۱۱ فیفا بر زمان بندی و فعالیت الکترومایوگرافی عضلات زانو جهت پیشگیری از آسیب ACL پرداختند؛ یافته‌های تحقیق نشان داد میزان فعالیت واستوس مدیالیس، مدیال همسترینگ و لترال گاستروکنمیوس افزایش یافت، اما میزان فعالیت واستوس لترالیس، لترال همسترینگ، رکتوس فموریس و لترال گاستروکنمیوس کاهش یافت. نتایج این مطالعه نشان داد که ویژگی‌های نروماسکولار اندام تحتانی در فوتبالیست‌های جوان با اجرای برنامه +۱۱ فیفا بهبود می‌یابد و به طور بالقوه موقعیت‌های ریسک آسیب ACL در حین فرود کاهش می‌یابد و به کنترل بهینه ACL منجر می‌شود.<sup>[۲۲]</sup> در مطالعه دیگری اوشیما<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۹) به تاثیر برنامه پیشگیری از آسیب +۱۱ فیفا بر فعالیت عضلانی، قدرت و تعادل هشت مرد فوتبالیست پرداختند. آنها فعالیت

برنامه گرم کردن +۱۱ فیفا را ۱۵ دقیقه، دوبار در هفته و به مدت ۱۰ هفته انجام دادند. آن‌ها عنوان کردند تاثیر تمرینات در اکثر موارد اندک بوده، ولی همین بهبودی اندک در عملکرد حرکتی می‌تواند به صورت بالقوه در کاهش خطر آسیب شرکت کند.<sup>[۱۷]</sup> روسلر و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ی دیگری به اثربخشی برنامه گرم کردن +۱۱ فیفا مخصوص کودکان کمتر از ۱۳ سال پرداختند؛ نتایج نشان داد برنامه گرم کردن +۱۱ فیفا در کاهش آسیب اندام تحتانی بازیکنان فوتبال زیر ۱۳ سال موثر بود.<sup>[۱۸]</sup>

عوامل مختلفی می‌تواند موجب کاهش ریسک فاکتورهای مرتبط با بروز آسیب در بازیکنان فوتبال شود. برای روشن کردن مکانیزم‌های بالقوه اثر برنامه‌های کاهش ریسک آسیب، تحقیقات باید تاثیر برنامه +۱۱ فیفا را روی کینتیک و کینماتیک در حین حرکتی از قبیل برش یا فرود از پرش، همچنین روی فاکتورهای عصبی-عضلانی و عملکردی مرتبط با آسیب را مورد ارزیابی قرار دهد. از طرفی دیگر، با وجود تمریناتی با هدف افزایش تعادل، قدرت و توجه به فرود صحیح و همچنین تمرینات پلیومتریک و جهشی در برنامه گرم کردن فیفا +۱۱ ممکن است با اثرگذاری روی فاکتورهای نروماسکولار (متغیرهای الکترومایوگرافی) و بیومکانیکی (متغیرهای کینتیکی و کینماتیک) در کاهش آسیب‌های زانو موثر باشد که تاکنون چنین اثراتی در تحقیقی مورد بررسی قرار نگرفته است. با توجه به اینکه تاکنون اثر برنامه فیفا +۱۱ روی چنین فاکتورهایی خصوصا در فوتبالیست‌های نوجوان مورد ارزیابی قرار نگرفته است؛ لذا هدف از مطالعه حاضر بررسی تاثیر برنامه جامع پیشگیری از آسیب فیفا +۱۱ بر شاخص‌های الکترومایوگرافی و بیومکانیکی مفصل زانو و فاکتورهای عملکردی در فوتبالیست‌های نوجوان پسر ۱۲-۱۰ ساله بود.

### مواد و روش‌ها

۳۰ نفر فوتبالیست پسر با میانگین سن  $10/88 \pm 0/39$  سال، قد  $146/69 \pm 4/91$  سانتی‌متر و وزن  $43/95 \pm 6/31$  کیلوگرم برای انجام پژوهش حاضر انتخاب شدند و به صورت تصادفی به دو گروه تمرینات +۱۱ فیفا (۱۵ نفر) و کنترل (۱۵ نفر) تقسیم شدند. گروه +۱۱ فیفا تمرینات را به مدت هشت هفته و سه جلسه در هفته انجام دادند. همچنین مدت تمرین در هر جلسه ۲۰ دقیقه طول کشید. با استفاده از دستگاه الکترومایوگرافی و صفحه نیرو به ترتیب شاخص‌های الکترومایوگرافی و کینتیکی در طول فرود اندازه‌گیری شد. جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات از آزمون‌های آماری t زوجی و مستقل و تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر استفاده شد.

### یافته‌ها

نتایج تحلیل آماری حاضر نشان داد تمرین +۱۱ فیفا تاثیر معناداری بر افزایش فعالیت الکترومایوگرافی عضلات گلوئتوس مدیوس و واستوس مدیالیس داشته، اما میزان فعالیت عضلات

شده است، این مقدار از نظر آماری معنادار نبود.<sup>[۲۸]</sup> با توجه به نتایج، شاید یکی از مزیت‌های مهم تمرینات +۱۱ فیفا این باشد که فرد را در شرایط مشابه شرایط واقعی آسیب قرار می‌دهد. بهبود ثبات زانو از این طریق، بیانگر بهینه شدن برنامه حرکتی است و تغییرات ایجادشده در این تحقیق نیز از تئوری بهینه شدن حمایت می‌کند.<sup>[۲۹]</sup> در این تئوری ذکر شده است که در اجرای یک حرکت خطرناک (آسیب‌زا) مانند فرود، فعالیت عضلات همسترینگ هم‌زمان و منطبق با نیروهای برشی تیبیوفمورال دقیقاً پس از اولین برخورد پا با زمین افزایش پیدا می‌کند.<sup>[۲۹]</sup> مکانیسم احتمالی که به وسیله آن اجزای تمرینات +۱۱ فیفا می‌تواند نیرو یا توان خروجی را افزایش دهد، در ارتباط با اثر مهاری گیرنده‌های وتری گلژی روی تولید نیرو است. از آنجاکه گیرنده‌های وتری گلژی به عنوان عامل محدودکننده تنش عمل می‌کند، میزان نیروی تولیدشده را محدود می‌کند.<sup>[۳۰]</sup> اجزای تمرینات فیفا حساسیت گیرنده‌های وتری گلژی را کاهش می‌دهند و در نتیجه سطح مهار شدن را بالا می‌برند. در واقع با افزایش سطح مهار شدن، بار بیشتری بر سیستم عضلانی-اسکلتی اعمال می‌شود و در نتیجه توانایی تولید نیرو افزایش می‌یابد.<sup>[۳۰]</sup> همچنین ابدکتورهای ران به کنترل راستای اندام و حفظ پایداری لگن به هنگام ایستادن تک‌پا کمک می‌کنند. به نظر می‌رسد ضعف عضلات ابدکتور ران باعث راستای جبرانی والگوس دینامیک زانو می‌شود که می‌تواند منجر به افزایش فشار بر روی لیگامان ACL شود، به طوری که حرکت والگوس زانو بعد از ناکارآمدی در ابدکتورهای ران افزایش می‌یابد.<sup>[۳۱]</sup> با توجه به این که به دنبال تمرینات +۱۱ فیفا شاهد افزایش فعالیت عضله گلوئتوس مدیوس شدیم، احتمالاً افزایش فعالیت گلوئتوس مدیوس می‌تواند از آسیب لیگامان ACL پیشگیری کند. از آنجایی که در تمرینات +۱۱ فیفا فیدبک‌های لازم جهت اصلاح تکنیک فرود انجام گرفت، عضلات در قالب الگوی فرود تقویت شده و فعالیت آنها افزایش یافته است. کنترل عصبی-عضلانی به صورت پاسیو مسئول کمک به حفظ ثبات مفصلی از طریق اطلاعات پاسخ‌های حرکتی اوران و وبران است. به نظر محققان افزایش سفتی عضلانی که محصول پاسخ حرکتی وبران در حرکات عملکردی مانند پرش و فرود است، ثبات مفصلی بالایی را فراهم می‌کند و مفصل را از آسیب نجات می‌دهد.<sup>[۳۲]</sup> بنابراین بهبود فعالیت فیدفوراردی و فیدبکی حاصل‌شده در این تحقیق به تنظیم سفتی و ثبات داینامیک مفصل کمک می‌کند و خطر بروز آسیب ACL را کاهش می‌دهد.

در مطالعه حاضر به دنبال هشت هفته تمرینات +۱۱ فیفا گروه تمرینی کاهش معناداری را در نیروهای عکس‌العمل زمین در جهات عمودی و خلفی از خود نشان دادند. بیشتر آسیب‌های ACL در طی کاهش شدید شتاب یا به هنگام فرود از یک پرش اتفاق می‌افتد.<sup>[۳۳]</sup> که در مقایسه با یک فرود نرم نیروهای عکس‌العمل زمین بیشتری تولید می‌کند. فرود با

الکتریکی بیش از ۳۰ عضله ناحیه مرکزی و اندام تحتانی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد تمرینات +۱۱ فیفا می‌تواند فعالیت عضلات ناحیه مرکزی و اندام تحتانی را بهبود دهد و همچنین موجب بهبودی هم‌زمان در تعادل پویا شد.<sup>[۳۳]</sup> نتایج مطالعه حاضر با نتایج دو تحقیق اخیر در ارتباط با تاثیرگذاری مثبت تمرینات پیشگیری از آسیب +۱۱ فیفا بر فعالیت عضلانی اندام تحتانی همخوانی دارد. مطالعات دیگری هم در ارتباط با تاثیر تمرینات +۱۱ فیفا بر سایر ریسک-فاکتورهای مرتبط با آسیب اندام تحتانی انجام شده است، به-طوری که نتایج مطالعه حاضر با یافته‌های مطالعات روسلر و همکاران (۲۰۱۸)<sup>[۱۸]</sup>، سادیگورسکی و همکاران (۲۰۱۷)<sup>[۱۶]</sup>، گرانلی و همکاران (۲۰۱۷)<sup>[۱۵]</sup>، بریتو<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۰)<sup>[۲۴]</sup> و والش<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۲)<sup>[۲۵]</sup> همخوانی دارد، اما با یافته‌های هامس<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۵)<sup>[۲۶]</sup>، استیفن<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۸)<sup>[۲۷]</sup> و صادقی‌پور و همکاران (۱۳۹۱)<sup>[۲۸]</sup> ناهمخوان است. از دلایل ناهمخوانی یافته‌ها می‌توان به مدت تمرینات و دفعات آن در هفته، نوع تمرین (آنی یا بلندمدت)، محدوده سنی و جنس آزمودنی‌ها اشاره کرد.

روسلر و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند برنامه گرم کردن +۱۱ فیفا مخصوص کودکان در کاهش آسیب اندام تحتانی بازیکنان فوتبال زیر ۱۳ سال موثر بود.<sup>[۱۸]</sup> سادیگورسکی و همکاران (۲۰۱۷)<sup>[۱۶]</sup> و گرانلی و همکاران (۲۰۱۷)<sup>[۱۵]</sup> به ترتیب نشان دادند برنامه گرم کردن +۱۱ فیفا پتانسیل کاهش میزان آسیب ACL در بازیکنان فوتبال را دارد و ریسک آسیب در بازیکنان فوتبال را می‌تواند تا ۳۰ درصد کاهش دهد. بریتو و همکاران (۲۰۱۰) عنوان کردند برنامه +۱۱ فیفا موجب افزایش قدرت ایزومتریک عضلات همسترینگ و کوادریسپس فوتبالیست‌های حرفه‌ای شده است.<sup>[۲۴]</sup> والش و همکاران (۲۰۱۲) نیز به منظور بررسی ارتباط فعالیت عضلات اندام تحتانی و فلکشن زانو در طی حرکت پرش به فرود پژوهشی انجام دادند؛ یافته‌های آنها نشان داد که فعالیت‌های بالای عضلات چهارسرران و سرینی بزرگ و فعالیت پایین همسترینگ و دوقلو با زاویه کم فلکشن زانو در ارتباط است. این محققان بیان کردند که استراتژی فرود که در آن افراد با فلکشن کم زانو فرود می‌آیند، آنها را در معرض نیروهای بیشتر و شدیدتری قرار می‌دهد. آنها پیشنهاد کردند که در تحقیقات پیشگیرانه از آسیب بر افزایش فعالیت عضلات همسترینگ تمرکز شود.<sup>[۲۵]</sup> در مقابل هامس و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند به دنبال تمرینات +۱۱ فیفا اختلاف معناداری بین گروه تمرین و گروه کنترل در میزان وقوع آسیب مشاهده نشد.<sup>[۲۶]</sup> استیفن و همکاران (۲۰۰۸) اثر تمرینات را بر قدرت ایزومتریک فوتبالیست‌های زن جوان بررسی کردند و پیشرفت معناداری در قدرت عضلات زانو نیافتند.<sup>[۲۷]</sup> صادقی‌پور و همکاران (۱۳۹۱) نیز گزارش کردند برنامه پیشگیری از آسیب +۱۱ فیفا با اینکه موجب افزایش قدرت ایزومتریک عضلات همسترینگ فوتبالیست‌های جوان



جهت داخلی-خارجی در طی پرش تک پا بر روی اندام غالب در زنان کاهش یافت.<sup>[۴۲]</sup> پترنو<sup>۳</sup> و همکاران به نتایج مشابهی دست یافتند؛ آنها نشان دادند که یک پروتکل جامع نوروماسکولار متشکل از تمرینات تعادلی دینامیک و پالیومتریک باعث نوسان پوسچر در جهت قدامی-خلفی می‌شود.<sup>[۴۱]</sup> کاترین<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای با عنوان زمان رسیدن به پایداری در افراد با جراحی لیگامان صلیبی قدامی و افراد سالم ورزشکار به این نتیجه دست یافتند که افراد با جراحی لیگامان صلیبی قدامی نیاز به مدت زمان بیشتری برای رسیدن به پایداری بعد از فرود نیاز داشتند، همچنین این افراد کاهش در کنترل پاسچر از خود نشان دادند که با توجه به مشکلی که در کنترل نیروهای عکس-عمل زمین داشتند، انتظار نمایان شدن همین نتایج قابل پیش‌بینی بود. آنها پیشنهاد کردند که متخصصان و پزشکان ورزشی در برنامه‌های خود بر روی پایداری بعد از فرود تمرکز ویژه‌ای داشته باشند و زمان رسیدن به پایداری را به عنوان ریسک‌فاکتور آسیب ACL در نظر داشته باشند.<sup>[۴۰]</sup> همچنین ورنلی<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند ورزشکارانی که مقادیر مقادیر پایه‌ای زمان رسیدن به پایداری بزرگتری دارند، ریسک پارگی لیگامان ACL در آن‌ها افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه تمرینات +۱۱ فیفا موجب کاهش زمان رسیدن به پایداری شده است احتمالاً می‌تواند در پیشگیری از آسیب ACL تاثیرگذار باشد.<sup>[۴۳]</sup> از محدودیت‌های تحقیق حاضر که بایستی مد نظر قرار گیرد می‌توان به عدم دسترسی به تعداد آزمودنی بالا و عدم تعمیم‌پذیری نتایج تحقیق به خارج از محدوده سنی ۱۰ تا ۱۲ سال نام برد.

### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج مطالعه حاضر، تمرینات +۱۱ فیفا موجب تغییرات مثبتی در فعالیت فیدبکی و فیدفوراردی عضلات اطراف مفصل زانو شده و به نوعی باعث تعدیل عوامل خطر نوروماسکولار شده است. همچنین تمرینات +۱۱ فیفا تاثیر معناداری در کاهش حداکثر نیروهای عمودی و خلفی عکس‌عمل زمین و زمان رسیدن به پایداری در دو جهت قدامی-خلفی و داخلی-خارجی داشته است، از آنجایی که نیروهای عکس‌عمل زمین و زمان رسیدن به پایداری از عوامل خطر مرتبط با آسیب ACL می‌باشد، لذا اثربخشی تمرینات +۱۱ فیفا بر این دو متغیر می‌تواند به عنوان یک یافته مهم در حیطه پیشگیری از آسیب ACL در نظر گرفته شود.

### تشکر و قدردانی

مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری آقای یابر کرملاجعب به راهنمایی آقایان دکتر صدرالدین شجاع‌الدین و دکتر امیر لطافتکار و مشاوره دکتر شاهین گوهرپی و دکتر ملیحه حدادنژاد می‌باشد. نویسندگان مقاله از تمامی آزمودنی‌ها و

زاویه‌ی فلکشن زانوی بزرگتر نیروهای وارده بر ACL را کاهش داده، بنابراین ریسک آسیب ACL را به صورت بالقوه کاهش می‌دهد.<sup>[۴۴]</sup> همچنین افزایش زاویه فلکشن زانو موجب جابه‌جایی مرکز ثقل بیشتر و کاهش نیروهای عکس‌عمل زمین در جهت عمودی و خلفی می‌شود که احتمالاً به دلیل قرار گرفتن عضلات در یک وضعیت کارآتر جهت جذب انرژی جنبشی می‌باشد. علاوه بر این، افزایش فلکشن زانو منجر به افزایش تولید نیروی ماکزیمم و یا هماهنگی بهینه بیشتر می‌شود.<sup>[۴۵]</sup> نیروی خلفی عکس‌عمل زمین گشتاور فلکشنی را در مفصل زانو تولید می‌کند که بایستی با گشتاور اکستنشن تولیدی توسط عضلات کوادریسپس از طریق تاندون کشکک به تعادل برسد. نیروی خلفی عکس‌عمل زمین بزرگتر، همان گشتاور اکستنشن بزرگتر زانو است؛ بنابراین نیروی کوادریسپس و نیروی تاندون کشکک بزرگتر خواهد بود.<sup>[۴۶]</sup> بار وارده بر ACL زمانی که نیروی تاندون کشکک افزایش می‌یابد و زاویه فلکشن زانو کمتر از ۶۰ درجه است، افزایش می‌یابد. هنگامی که نیروی عکس‌عمل زمین افزایش یابد، نیروی برشی قدامی وارد بر زانو نیز زیاد می‌شود که سبب افزایش نیروی کشویی قدامی زانو می‌شود و احتمال آسیب لیگامان ACL بالا می‌رود.<sup>[۸]</sup> در پژوهش حاضر در اثر تمرینات +۱۱ فیفا نیروی خلفی عکس‌عمل زمین کاهش پیدا کرده و احتمالاً از بار وارده بر لیگامان ACL می‌کاهد.

زمان رسیدن به پایداری به عنوان جنبه‌ای از کنترل حرکتی اندام تحتانی، به بازخورد گیرنده‌های عمقی و حس حرکت و نیز پاسخ‌های رفلکسی و اختیاری عضلات وابسته است. اختلال در فعال‌سازی گیرنده‌های مکانیکی، دوره تأخیری واکنش عضله را افزایش می‌دهد و مدت‌زمان اصلاح و بازسازی مرکز تعادل را طولانی می‌سازد.<sup>[۳۷]</sup> زمان رسیدن به پایداری شاخصی از پایداری پویا است و به منظور محاسبه پایداری در حرکت پرش-فرود که در موقعیت‌های ورزشی اتفاق می‌افتد، استفاده می‌شود. از آنجایی که تعادل در زنجیره حرکتی بسته حفظ می‌شود و بر هماهنگی بازخورد و استراتژی‌های حرکتی بین مفاصل ران، زانو و مچ پا متکی می‌باشد، تعادل می‌تواند با نقص در بازخورد آوران یا نقص در قدرت و پایداری مکانیکی هر مفصل یا ساختار زنجیره حرکتی اندام تحتانی دچار اختلال گردد.<sup>[۳۸]</sup> ایمپلیزری<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که در ۹ هفته تمرینات +۱۱ فیفا اختلاف معناداری بین گروه مداخله و کنترل در زمان رسیدن به پایداری در دو جهت قدامی-خلفی و داخلی-خارجی مشاهده شد.<sup>[۳۹]</sup> که نتایج این تحقیق با نتایج مطالعه حاضر در ارتباط با زمان رسیدن به پایداری همسو است. محققین گزارش کرده‌اند افرادی که زمان بیشتری برای رسیدن به پایداری نیاز دارند، بیشتر در معرض آسیب‌های پرخطر هستند.<sup>[۴۰]</sup> مایر<sup>۲</sup> و همکاران گزارش کردند که تمرینات ثابت عملکردی و پلیومتریک انحراف معیار مرکز فشار در

4 Kathryn  
5 Wernli

1 Impellizzeri  
2 Myer  
3 Paterno

عزیزانی که در اجرای تحقیق حاضر یاری نمودند، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

### منابع

- Peterson L, Junge A, Chomiak J, Graf-Baumann T, Dvorak J. Incidence of football injuries and complaints in different age groups and skill-level groups. *Am J Sports Med.* 2000;28(5\_suppl):51-7.
- Junge A, Dvorak J. Injuries in female football players in top-level international tournaments. *Br J Sports Med.* 2007;41(suppl 1):i3-7.
- Maffulli N, Longo UG, Spiezia F, Denaro V. Sports injuries in young athletes: long-term outcome and prevention strategies. *Phys Sportsmed.* 2010;38(2):29-34.
- Kiani A, Hellquist E, Ahlqvist K, Gedeberg R, Byberg L. Prevention of soccer-related knee injuries in teenaged girls. *Arch Intern Med.* 2010;170(1):43-9.
- Olsen O-E, Myklebust G, Engebretsen L, Bahr R. Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. *Am J Sports Med.* 2004;32(4):1002-12.
- Hewett TE, Ford KR, Hoogenboom BJ, Myer GD. Understanding and preventing acl injuries: current biomechanical and epidemiologic considerations-update 2010. *North Am J Sport Phys Ther NAJSPT.* 2010;5(4):234.
- Shimokochi Y, Shultz SJ. Mechanisms of noncontact anterior cruciate ligament injury. *J Athl Train.* 2008;43(4):396.
- Lin C-F, Liu H, Gros MT, Weinhold P, Garrett WE, Yu B. Biomechanical risk factors of non-contact ACL injuries: A stochastic biomechanical modeling study. *J Sport Heal Sci [Internet].* 2012;1(1):36-42. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2095254612000129>
- Gribble PA, Robinson RH. An examination of ankle, knee, and hip torque production in individuals with chronic ankle instability. *J Strength Cond Res.* 2009;23(2):395-400.
- Patterson MR, Delahunt E. A diagonal landing task to assess dynamic postural stability in ACL reconstructed females. *Knee.* 2013;20(6):532-6.
- Palmieri-Smith RM, Wojtys EM, Ashton-Miller JA. Association between preparatory muscle activation and peak valgus knee angle. *J Electromyogr Kinesiol.* 2008;18(6):973-9.
- Zazulak BT, Ponce PL, Straub SJ, Medvecky MJ, Avedisian L, Hewett TE. Gender comparison of hip muscle activity during single-leg landing. *J Orthop Sport Phys Ther.* 2005;35(5):292-9.
- Hurd WJ, Chmielewski TL, Snyder-Mackler L. Perturbation-enhanced neuromuscular training alters muscle activity in female athletes. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2006;14(1):60-9.
- Tomlinson A. FIFA (Fédération internationale de football association): the men, the myths and the money. Routledge; 2014.
- Silvers-Granelli HJ, Bizzini M, Arundale A, Mandelbaum BR, Snyder-Mackler L. Does the FIFA 11+ injury prevention program reduce the incidence of ACL injury in male soccer players? *Clin Orthop Relat Res.* 2017;475(10):2447-55.
- Sadigursky D, Braid JA, De Lira DNL, Machado BAB, Carneiro RJF, Colavolpe PO. The FIFA 11+ injury prevention program for soccer players: a systematic review. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2017;9(1):18.
- Rössler R, Donath L, Bizzini M, Faude O. A new injury prevention programme for children's football-FIFA 11+ Kids-can improve motor performance: a cluster-randomised controlled trial. *J Sports Sci.* 2016;34(6):549-56.
- Rössler R, Junge A, Bizzini M, Verhagen E, Chomiak J, Aus der Fünten K, et al. A multinational cluster randomised controlled trial to assess the efficacy of "11+ Kids": a warm-up programme to prevent injuries in children's football. *Sport Med.* 2018;48(6):1493-504.
- Ishida T, Yamanaka M, Takeda N, Homan K, Koshino Y, Kobayashi T, et al. The effect of changing toe direction on knee kinematics during drop vertical jump: a possible risk factor for anterior cruciate ligament injury. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2015;23(4):1004-9.
- Hodges PW, Bui BH. A comparison of computer-based methods for the determination of onset of muscle contraction using electromyography. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Mot Control.* 1996;101(6):511-9.
- Vescovi JD, Canavan PK, Hasson S. Effects of a plyometric program on vertical landing force and jumping performance in college women. *Phys Ther Sport.* 2008;9(4):185-92.
- Ghasemi V, Shojaadin S, Ebrahimi E, Letafatkar A, Eslami M. The Effects of 8 Weeks of FIFA11+ Warm-Up Program on Timing and Electromyography Activity of Knee Muscles to Prevent the ACL Injury. *Sport medicine.* 2016; 8(2):175-195.[In persian].
- Oshima T, Nakase J, Inaki A, Mochizuki T, Takata Y, Shimozaki K, et al. Comparison of muscle activity, strength and balance, before and after a 6-month training using the FIFA11+ program (part 2). *BioRxiv.* 2019;540492.
- Brito J, Figueiredo P, Fernandes L, Seabra A, Soares JM, Krstrup P, et al. Isokinetic strength effects of FIFA's "The 11+" injury prevention training programme. *Isokinet Exerc Sci.* 2010;18(4):211-5.

25. Walsh M, Boling MC, McGrath M, Blackburn JT, Padua DA. Lower extremity muscle activation and knee flexion during a jump-landing task. *J Athl Train.* 2012;47(4):406–13.
26. Hammes D, Aus der Fünten K, Kaiser S, Frisen E, Bizzini M, Meyer T. Injury prevention in male veteran football players—a randomised controlled trial using “FIFA 11+.” *J Sports Sci.* 2015;33(9):873–81.
27. Steffen K, Myklebust G, Olsen OE, Holme I, Bahr R. Preventing injuries in female youth football—a cluster-randomized controlled trial. *Scand J Med Sci Sports.* 2008;18(5):605–14.
28. Sadeghipour HR, Rahnema N, Daneshjoo A, Bambaiechi E. The effect of Fifa 11+ injury prevention program on hamstrings and quadriceps isometric muscle strength in Iranian young professional soccer players. *rehabilitation science research.* 2013; 8(6):1113-1122. [In persian]
29. Zebis MK, Bencke J, Andersen LL, Døssing S, Alkjær T, Magnusson SP, et al. The effects of neuromuscular training on knee joint motor control during sidcutting in female elite soccer and handball players. *Clin J Sport Med.* 2008;18(4):329–37.
30. Prentice WE. *Rehabilitation techniques in sports medicine.* WCB/McGraw-Hill Dubuque, IA, USA; 1999.
31. Arab AM, Nourbakhsh MR. The relationship between hip abductor muscle strength and iliotibial band tightness in individuals with low back pain. *Chiropr Osteopat.* 2010;18(1):1.
32. Boden BP, Torg JS, Knowles SB, Hewett TE. Video analysis of anterior cruciate ligament injury: abnormalities in hip and ankle kinematics. *Am J Sports Med.* 2009;37(2):252–9.
33. Smith R, Ford KR, Myer GD, Holleran A, Treadway E, Hewett TE. Biomechanical and performance differences between female soccer athletes in National Collegiate Athletic Association Divisions I and III. *J Athl Train.* 2007;42(4):470.
34. Devita P, Skelly WA. Effect of landing stiffness on joint kinetics and energetics in the lower extremity. *Med Sci Sport Exerc.* 1992;24(1):108–15.
35. Zahradnik D, Uchytel J, Farana R, Jandacka D. Ground reaction force and valgus knee loading during landing after a block in female volleyball players. *J Hum Kinet.* 2014;40(1):67–75.
36. Yu B, Lin C-F, Garrett WE. Lower extremity biomechanics during the landing of a stop-jump task. *Clin Biomech.* 2006;21(3):297–305.
37. McGuine TA, Greene JJ, Best T, Leverson G. Balance as a predictor of ankle injuries in high school basketball players. *Clin J Sport Med.* 2000;10(4):239–44.
38. Reiman MP, Manske RC. *Functional testing in human performance.* Human kinetics; 2009.
39. Impellizzeri FM, Bizzini M, Dvorak J, Pellegrini B, Schena F, Junge A. Physiological and performance responses to the FIFA 11+(part 2): a randomised controlled trial on the training effects. *J Sports Sci.* 2013;31(13):1491–502.
40. Webster KA, Gribble PA. Time to Stabilization of Anterior Cruciate Ligament-Reconstructed Versus Healthy Knees in National Collegiate Athletic Association Division I Female Athletes. *J Athl Train.* 2010;45(6):580–5.
41. Paterno M V, Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Neuromuscular training improves single-limb stability in young female athletes. *J Orthop Sport Phys Ther.* 2004;34(6):305–16.
42. Myer GD, Ford KR, Brent JL, Hewett TE. The effects of plyometric vs. dynamic stabilization and balance training on power, balance, and landing force in female athletes. *J strength Cond Res.* 2006;20(2):345.
43. Wernli K, Ng L, Phan X, Davey P, Grisbrook T. The relationship between landing sound, vertical ground reaction force, and kinematics of the lower limb during drop landings in healthy men. *J Orthop Sport Phys Ther.* 2016;46(3):194–9.