Effect of Stop-X Injury Prevention Program on LESS and Proprioception of Child Soccer Players with Dynamic Knee Valgus

Eslami Shahr Babaki A[1], Sahebozamani M[2], Bahiraei S[3]

1- MSc, Department of Sports Injuries and Corrective Exercise, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
2- Full Professor, Department of Sports Injuries and Corrective Exercise, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
3- Assistant Professor, Department of Sports Injuries and Corrective Exercise, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Received 2023.11.17 Accepted: 2024.04.13

Abstract

Purpose: The risk of anterior cruciate ligament (ACL) injuries in childhood has increased in recent decades and could be a major threat to a child's sports career. An increased risk of ACL injury is associated with dynamic knee valgus (DKV). Therefore, this study aimed to analyze the effect of an ACL injury protocol on the LESS, proprioception, and DKV of child soccer players.

Methods: In this study, thirty male football players with DKV (mean ± SD: age 11.40 ± .72 years, weight 36.62 ± 4.68 kg, height 141.10 ± 3.98 m) were randomly assigned into two groups: control (n=15) and training (n=15). Single-leg landing, LESS, and knee joint proprioception tests were administered before and after the implementation of the training protocol. After identifying the variables, the training group performed the injury proprioception program for eight weeks, with three training sessions each lasting 20–25 minutes per week. The control group continued their normal warm-up routine. To examine the difference between the pre-test and post-test, repeated measures ANOVA was conducted using SPSS 26 software with a significance level of 0.05.

Results: The results of the research showed that after eight weeks of the injury prevention program, there was a significant improvement in reducing the valgus angle of the knee ($p=0.005$, $F=9.369$, $\eta^2=0.251$), reducing the LESS scores ($p=0.002$, $F=12.374$, $\eta^2=0.306$) and improving proprioception ($p=0.003$, $F=10.251$, $\eta^2=0.268$).

Conclusion: According to the results of the research, it can be concluded that Stop-X injury prevention program can lead to improvements in knee valgus pattern, LESS and proprioception in child soccer players. Using the results of this research is recommended to soccer coaches and training experts.

Keywords: Dynamic knee valgus, Injury prevention program, Landing error screen system, Anterior cruciate ligament, Proprioception

Corresponding Author: Adeleh Eslami Shahr Babaki

Email: adeleh.eslami91@gmail.com

ORCID: 0000-0003-1198-1222

Copyright © 2023 Mashhad University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

► **Please cite this article as:** Eslami Shahr Babaki A, Sahebozamani M, Bahiraei S. Effect of Stop-X Injury Prevention Program on LESS and Proprioception of Child Soccer Players with Dynamic Knee Valgus. **JPSR** 2024; 13(2): 17-29. **DOI:** 10.22038/JPSR.2024.75713.2565.

تأثیر هشت هفته برنامه پیشگیری از آسیب استاپ ایکس بر میزان خطای فرود و حس عمقی بازیکنان فوتبال نونهال با والگوس داینامیک زانو

عادله اسلامی شهربابکی[۱]، منصور صاحب الزمانی[۲]، سعید بحیرایی[۳]

هدف: آسیب‌های رباط صلیبی قدامی در دوران کودکی می‌تواند خطر بزرگی برای ورزش و سلامتی کودک باشد، که در چند دهه اخیر در حال افزایش بوده است. والگوس داینامیک زانو با افزایش خطر آسیب رباط صلیبی قدامی مرتبط است. هدف از این مطالعه اثر هشت هفته برنامه پیشگیری از آسیب بر میزان نمرات خطای فرود و حس عمقی و والگوس داینامیک زانوی بازیکنان نونهال فوتبال است.

روش بررسی: در این مطالعه نیمه تجربی و آینده نگر، ۳۰ بازیکن فوتبال پسر(میانگین± انحراف معیار، سن: ۰/۷۲±۱۱/۴۰ سال، وزن: ۴/۶۸±۳۶/۶۲ کیلوگرم، قد: ۳/۹۸±۱۴۱/۱۰ متر) مبتلا به نقص والگوس داینامیک زانو به صورت تصادفی در دو گروه کنترل(۱۵نفر) و تمرینی(۱۵ نفر) قرار گرفتند. قبل و بعد از اجرای پروتکل تمرینی آزمون فرود تک پا (Landing Single Leg Test; LSLT)، آزمون خطای فرود (Landing Error Scoring System; LESS) و حس عمقی مفصل زانو اندازه گیری شد. پس از تعیین متغیرها، آزمودنی‌های گروه تمرینی،برنامه پیشگیری از آسیب استاپ ایکس (Stop X) را به مدت هشت هفته و هرهفته سه جلسه تمرینی به مدت ۲۰تا۲۵ دقیقه انجام دادند. گروه کنترل به برنامه گرم کردن عادی خود پرداختند. پس از جمع آوری اطلاعات از آزمون آماری آنالیز واریانس با اندازه گیری تکراری Mixed Repeated Measures) (Analaysis در سطح معناداری (P≤۰/۰۵) با استفاده از نرم افزار SPSS ۲۶ انجام شد.

یافته ها: نتایج پژوهش نشان داد پس از هشت هفته برنامه تمرینی پیشگیری از آسیب، بهبود معناداری در کاهش میزان زاویه والگوس زانو (p=۰/۰۰۵، F=۹/۳۶۹، η^2 =۰/۲۵۱) و کاهش نمرات LESS (p=۰/۰۰۲، F=۱۲/۳۷۴، η^2=۰/۳۰۶) و بهبود حس عمقی (p=۰/۰۰۳، F=۱۰/۲۵۱، η^2=۰/۲۶۸) را نشان می‌دهد.

نتیجه گیری: با توجه به نتایج تحقیق می‌توان نتیجه گرفت تمرینات پیشگیری از آسیب استاپ ایکس می‌تواند والگوس داینامیک زانو و حس عمقی را بهبود بخشد و باعث کاهش نمرات خطای فرود بازیکنان فوتبال نونهال شود. استفاده از نتایج این پژوهش به مربیان فوتبال و متخصصین تمرین‌دهی توصیه می شود.

کلمات کلیدی: والگوس داینامیک زانو، برنامه پیشگیری از آسیب، میزان خطای فرود، رباط صلیبی قدامی، حس عمقی

نویسنده مسئول: عادله اسلامی شهربابکی، adeleh.eslami91@gmail.com، ORCID: 0000-0003-1198-1222

آدرس: کرمان، بزرگراه امام خمینی، میدان پژوهش، دانشگاه شهید باهنر کرمان، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی

۱- کارشناسی ارشد آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۲- استاد گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۳- استادیار گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

مقدمه

فوتبال یکی از محبوب ترین ورزش‌های جهان است که بیش از ۴۰۰ میلیون مرد و زن در ۲۰۸ کشور در آن شرکت می کنند (۱) به علاوه گزارش شده است که بیشتر شرکت کنندگان در این رشته ورزشی را افراد زیر ۱۸ سال تشکیل داده‌اند (۲). در حالی که فوتبال برای سلامتی مفید است، اما ذاتا ورزشی آسیب زاست (۳).

در یک تجزیه و تحلیل ویدیویی گزارش شد که آسیب (Anterior Cruciate Ligament; ACL) غیر برخوردی احتمالاً در عرض ۴۰ میلی ثانیه پس از تماس اولیه با زمین رخ می‌دهد و مکانیسم آسیب را فشار جانبی ناشی از بارگذاری والگوس و همچنین نیروی قدامی (Anterior Force; AF) ناشی از انقباض عضله چهار سر ران دانست، که باعث جابجایی استخوان ران نسبت به

درشت نی می‌شود که منجر به پارگی ACL می‌شود (۴). تغییر جهت، حرکات انفجاری و فرود از عوامل مهم در عملکرد این رشته ورزشی است (۵). در نتیجه عدم توانایی ورزشکار در حفظ راستای پویای صحیح سگمنت های اندام تحتانی در صفحات حرکتی، می‌تواند عاملی بسیار مهم در رخداد آسیب ACL در فوتبال باشد(۶) آسیب‌های ACL بخش بزرگی (۲۰/۵٪) از آسیب‌های زانو را در بین ورزشکاران جوان تشکیل می‌دهد که اغلب منجر به عواقب ویرانگری می‌شود (۷). علاوه بر بار مالی در جهت مداخله جراحی و توانبخشی گسترده، آسیب‌های ACL منجر به افزایش هزینه شخصی برای ورزشکاران، با از دست دادن زمان از ورزش، اثرات روانی، و عواقب برای سلامت و رفاه طولانی مدت می‌شود (۹, ۸).

از همین روی شناسایی عوامل اصلی ایجادکننده این آسیب و به کارگیری شیوه‌های تمرینی مناسب با هدف پیشگیری و کاهش بروز آسیب‌ها و بخصوص آسیب ACL در سنین پایه بسیار ضروری به نظر می‌رسد. بررسی دقیق آسیب ACL نشان می‌دهد که بیشتر آسیب های ACL در وضعیتی غیر برخوردی صورت می پذیرد (بیش از ۸۰ درصد) که طی آن، فرد بدون تماس با بازیکن دیگر و تنها به هنگام فرود از یک پرش دچار آسیب می‌شود (۱۲-۱۰). بروز آسیب ACL در جمعیت کودکان در سال های اخیر افزایش یافته است (۱۳). با توجه به عدم بلوغ اسکلتی - عضلانی در این دوره، عوارض آسیب ACL و اثر آن بر آینده ورزشی ورزشکار، پیشگیری از آسیب ACL در این دوره اهمیت زیادی دارد (۱۴). کنترل نامناسب در ناحیه مرکزی (Core) و نقص در توانایی تقسیم نیروها، منجر به حرکات بیش از حد تنه، به خصوص در صفحه فرونتال، همراه با افزایش نیرو های عکس العمل زمین (Ground Reaction Force; GRF) و والگوس در مفصل زانو (Knee Valgus; KV)، منجر به ایجاد نیرو های ابداکشن و چرخشی در زانو می‌شود (۱۵).

والگوس داینامیک زانو (Dynamic Knee Valgus; DKV) شامل حرکات همزمان اداکشن لگن و چرخش داخلی، اداکشن زانو، چرخش بیرونی تیبیا و اینورژن مچ پا همراه با پرونیشن پا است (۱۷, ۱۶, ۶). مطالعات اخیر نشان داد که برخی از ورزشکارانی که دچار آسیب ACL می شوند در زمان آسیب در وضعیت DKV می آیند (۱۷, ۱۸). در مطالعه ای به تاثیر کنترل عصبی عضلانی غیر طبیعی عضلات ناحیه زانو بر ایجاد KV و به دنبال آن افزایش خطر آسیب ACL اشاره شده است (۱۹).

نتایج تحقیقات در خصوص بکارگیری برنامه های پیشگیری از آسیب فوتبال در کودکان ضد و نقیض می‌باشد. در مطالعه ای اثر برنامه گرم کردن فیفا ۱۱ +(FIFA+11) روی بازیکنان فوتبال با نقص DKV بررسی شد، که کاهش KV مشاهده شد (۲۰). در پژوهش دیگری رستمی و همکاران(۲۱) اثر برنامه استاپ ایکس (Stop X) را در بازیکنان بسکتبالیست زن مورد بررسی قرار دادند و بهبود تعادل ایستا و پویا و کاهش واگوس داینامیک زانو (DKV) را گزارش کردند. اما Parsons و همکاران (۲۲) اثر یک دوره تمرینات قدرتی را بر بیومکانیک فرود ورزشکاران زن جوان بررسی کردند که نتایج آنها حاکی از عدم تأثیر تمرینات قدرتی بر بهبود بیومکانیک فرود بود. Lopes و همکاران (۲۳) در پژوهش خود نشان دادند که تعادل ایستا و پویا و همچنین حس عمقی (Proprioception) در بازیکنان فوتبال آماتور بهبود نیافته است. همانطور که پیداست در مورد تأثیر تمرینات مختلف بر بهبود مکانیک فرود و KV و حس عمقی ورزشکاران سنین پایه تناقض هایی وجود دارد. شاید بتوان این موضوع را در عدم جامعیت تمرینات مختلف در توجه به تمامی فاکتور های مرتبط با آسیب ACL و از همه مهمتر عدم استفاده از برنامه تخصصی برای کاهش آسیب ACL نسبت داد که این نشان دهنده اهمیت استفاده از تمرینات تخصصی در اصلاح نقص DKV و بیومکانیک فرود است. باید بر متغیرهایی همچون بهبود تعادل و حس عمقی، بیومکانیک اندام تحتانی، فعالیت عضلات، قدرت، توان، کاهش نیروی وارد بر نیروی عکس العمل زمین (۲۴)، وجود حرکات برشی و پلیومتریک و نیز اصل اختصاصی بودن بر اساس رشته ورزشی تأکید داشت (۲۵).

در نتیجه با توجه به اهمیت گرم کردن و اعمال تمرینات اختصاصی برای ورزشکاران در معرض آسیب ACL، انجمن زانوی آلمان(German Knee Society; GKS) برنامه تمرینی تخصصی برای اصلاح DKV با نام برنامه استاپ ایکس (Stop-x) ارائه داده که ورزشکاران مبتلا به نقص DKV می‌توانند آن را انجام دهند و بیان شده که این برنامه های تمرینی می‌تواند آسیب‌های زانو را تا ۲۷ درصد و آسیب‌های ACL تا ۵۱ درصد کاهش دهد(۲۶). با این حال، طبق بررسی‌های انجام شده توسط پژوهشگر مطالعات محدودی که میزان اثرگذاری این برنامه تمرینی

استاپ ایکس را در جامعه ورزشی مشخصی به صورت دقیق بررسی کرده باشد وجود دارد. بر این اساس، به نظر می‌رسد مطالعه حاضر می‌تواند در بهبود عملکرد و پیشگیری از آسیب ACL در بازیکنان فوتبال نونهال مبتلا به نقص DKV مؤثر باشد و لذا هدف از تحقیق حاضر تأثیر برنامه جامع گرم کردن پیشگیری از آسیب بر میزان خطای فرود (Landing Error Scoring System; LESS) و حس عمقی مفصل زانو(Knee-Joint Proprioception; KJP) کودکان بازیکنان فوتبال با نقص DKV می‌باشد.

روش بررسی

مطالعه حاضر از نوع نیمه تجربی است و از حیث استفاده از نتایج کاربردی و آینده نگر است. جامعه آماری پژوهش شامل بازیکنان فوتبال پسر نونهال دارای نقص والگوس داینامیک زانو در مدارس و باشگاه‌های شهرستان شهربابک بودند، که نمونه های آماری تحقیق حاضر را فوتبال آموزان مدارس و باشگاه‌های این شهرستان در دامنه سنی ۱۰-۱۲ سال که درهفته سه جلسه تمرینی یک ساعته داشتند تشکیل دادند. حجم نمونه با استفاده از نرم افزار G-power (اندازه اثر: ۰/۲۷ و توان آماری: ۰/۰۸ و سطح معنی داری: ۰/۰۵) تعیین شد. داوطلبان با توجه به نمونه های در دسترس به یک گروه کنترل (۱۵ نفر) و یک گروه تمرین (۱۵ نفر) از میان دو باشگاه فوتبال تقسیم شدند. سپس برای همگنی آزمودنی‌های گروه کنترل و تمرین، نمونه های هر دسته را به طور تصادفی در دو گروه قرار دادند. همچنین لازم به ذکر است که آزمودنی‌های تحقیق حاضر سابقه حداقل یک سال فعالیت منظم در رشته فوتبال را داشته و از لحاظ سطح عملکرد و آمادگی جسمانی در سطح یکسانی قرار داشتند و به علاوه دارای هیچگونه آسیب در اندام تحتانی به ویژه در زانو و مچ پا نداشتند. درصورت بروز درد در روند تحقیق، عدم شرکت در دو جلسه تمرینی و نارضایتی برای ادامه تحقیق، آزمودنی از پژوهش خارج شد. پس از تقسیم بندی تصادفی آزمودنی‌ها به دو گروه کنترل و گروه تمرینی استاپ ایکس تقسیم شدند، بازیکنانی که در گروه تمرینی قرار گرفتند تمرینات استاپ ایکس را اجرا نمودند و بازیکنان گروه کنترل گرم کردن معمول و سنتی خود را داشتند(۲۷).

قبل از آغاز پژوهش جهت آشنایی مربیان با برنامه تمرینی یک پوستر و فلش، حاوی توضیحات تمرینات به زبان فارسی همراه با فیلم تمرینات ارائه و آموزش داده شد. قبل از آغاز پژوهش، والدین تمامی آزمودنی‌ها فرم رضایت نامه شرکت در آزمون های پژوهش را امضاء کردند و سپس طی یک جلسه نحوه انجام آزمون ها برای آزمودنی‌ها تشریح شد. قبل از آغاز تمرینات آزمون LESS، KJP و زاویه والگوس زانو با آزمون فرود تک پا (Landing Single Leg Test; LSLT) اندازه گیری شد و گروه مداخله تمرینات استاپ ایکس قبل از تمرین فوتبال توسط مربیان تیم و تحت نظارت یکی از محققین و گروه کنترل گرم کردن عادی و تمرینات معمول خود را انجام دادند و گروه کنترل در این بازه زمانی هیچ تمرین مشابه ای با استاپ ایکس نداشتند و در ادامه تمرینات مخصوص به رشته فوتبال را انجام دادند. عملکرد بازیکنان هر سه گروه بعد از اتمام هشت هفته تمرینات توسط آزمون LESS و KJP و LSLT اندازه گیری شد.

ارزیابی زاویه والگوس زانو

با کمک آزمون LSLT (پایایی۰/۸۷) (۲۸) به بررسی زاویه والگوس زانو با استفاده از نرم افزار کینوا (Kinovea) مدل ۰.۹.۵ (پایایی۰/۹۸) (۲۹) پرداخته شد. در این تست، آزمودنی با یک پا(پای غیربرتر) برروی سکو ۳۰ سانتی متری قرار گرفته و برای جلوگیری از حرکات اضافی دست‌های خود را بر روی کمر قرار می‌دهد و پاشنه ی پای معلق(پای برتر) را به لبه سکو تکیه می‌دهد و با دستور آزمونگر روی پای معلق خود فرود می آید و این وضعیت را سه ثانیه حفظ کند(تصویر ۱).

آزمودنی بین هر تست فرود ۱۵ ثانیه استراحت می‌کند و سه بار تست را بطور صحیح تکرار می‌کند. اگرفرد نتواند این وضعیت را حفظ کند و یا حین فرود لی لی کند به عنوان تلاش ناموفق حساب می‌شود و حذف می‌شود. برای ضبط اجرا تست از دوربین ۶۴ مگاپیکسل سامسونگ روی سه پایه و در فاصله ۳ متری و ارتفاع ۱/۵ متر از آزمودنی قرار داشت استفاده شد(۲۸).

نحوه محاسبه زاویه والگوس زانو بدین شکل بود که با بررسی فریم به فریم تصاویر ویدئویی گرفته شده در نرم افزار کینوویا لحظه فرود کامل قرار داشت، مشخص می شد (۳۰) در این فریم زاویه والگوس محاسبه می شد. منظور از این زاویه، تعیین زاویه حاده بین خط کشیده شده از خار خاصرهای قدامی فوقانی به مرکز کشکک و از مرکز کشکک

تصویر۱: اجرای آزمون LSLT و ارزیابی زاویه والگوس‌زانو

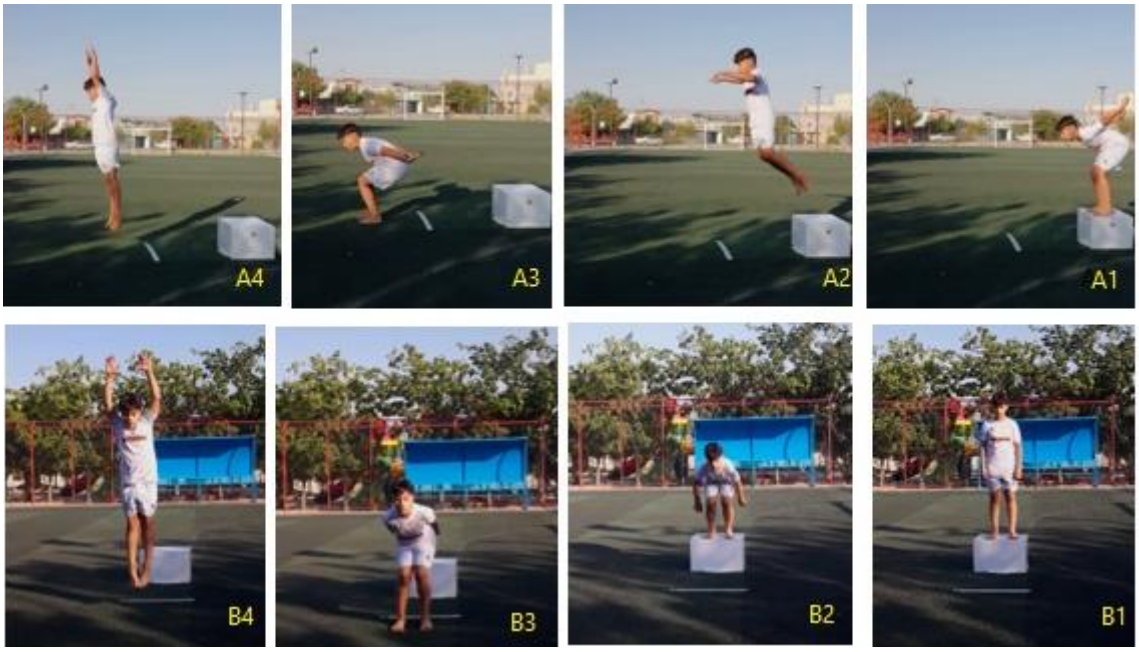
به نقطه وسط دو قوزک است. اگر مقدار حاصله از ۱۸۰ درجه بزرگتر باشد، این زاویه واروس و اگر عدد به دست آمده کمتر از ۱۸۰ درجه باشد، به عنوان زاویه والگوس در نظر گرفته می‌شود. جهت به دست آوردن مقدار این زوایا عدد به دست آمده از ۱۸۰ درجه تفریق می‌شود. میانگین زوایای سه کوشش صحیح جهت تجزیه و تحلیل استفاده شد.

آزمون امتیاز دهی خطای فرود(LESS)

جهت شناسایی الگوهای حرکتی و اندام تحتانی که ممکن است خطر بروز آسیب غیر برخوردی رباط صلیبی قدامی را افزایش دهند از سیستم امتیازدهی خطای فرود استفاده شد(۳۱). پادوا و همکاران (۳۲) گزارش کردند این آزمون دارای روایی(۸۶٪) و پایایی (۶۴٪) خوبی است که جهت شناسایی ورزشکاران در معرض خطر آسیب غیربرخوردی ACL قابل اعتماد است. برای شناسایی الگوی حرکت ناقص با استفاده از الیاف LESS می‌توان با موفقیت مشخص نمود که آیا یک فرد در معرض خطر آسیب و متعاقباً نیازمند طراحی راهبرد تمرینات اصلاحی می‌باشد و به علاوه می‌توان تغییرات و بهبود تکنیک فرود ناشی از یک برنامه اصلاحی را به وسیله آن ارزیابی نمود(۳۱). با این حال این آزمون دارای محدودیت هایی از قبیل یک سیستم نمره دهی پیچیده (۱۰ ویژگی فرود-پرش) و نیاز به استفاده از دوربین های ویدیویی برای ضبط الگوی حرکتی می باشد و در نتیجه شرایط بسیار دشواری را برای متخصصان در فرایند ارزیابی کلی ایجاد می نماید. این نسخه اصلاح‌شده LESS توسط پادو و همکاران طراحی شده که می‌توان با موفقیت و هر در هر زمان در سالن ورزشی و یا یک محیط ورزشی ظرف مدت ۲ تا ۵ دقیقه انجام داد (۳۳). آزمودنی بر روی جعبه ۳۰ سانتیمتر ایستاد و خط هدف در فاصله نصف قد فرد بر روی سطح کشیده می‌شد. به آزمودنی آموزش داده شد تا پرش رو به جلو از روی جعبه و فرود همزمان با هر دو پا روی سطح و در جلوی خط مشخص شده و بلافاصله حداکثر پرش ارتفاع عمودی را انجام دهد. آزمودنی نباید بین فرود روی سطح زمین و شروع به پرش عمودی مکث می کرد پس از نمایش نحوه آزمون توسط آزمونگر معمولاً ۲ تا ۳ بار فرصت تمرین به آزمودنی داده می شد.آزمودنی هیچ دستور العملی از آزمونگر در مورد مکانیک فرود مناسب را دریافت نمی کرد در کل آزمودنی ۳ کوشش را انجام می‌داد و آزمونگر از نمای جلو و نمای جانبی آن را مشاهده و ارزیابی می کرد در طی کوشش اول و دوم آزمونگر از نمای جلو و در کوشش سوم آزمونگر از نمای جانبی آن را مشاهده و ارزیابی می کرد. در پیوست شماره – نحوه امتیاز دهی در آزمون LESS را توصیف نموده است. آزمونگر باید هر دو اندام تحتانی را مورد بررسی قرار داده و اگر یکی از آنها اندام های تحتانی خطای به‌عنوان‌مثال چرخش خارجی پا نمایش میداد و اندام دیگر نه در امتیازدهی آزمون گران خطا را به همان آیتم خاص محسوب می کرد. امتیازدهی امتیاز نهایی با جمع همه آیتم ها تعیین می‌شد (۳۴) (تصویر ۲).

نحوه اندازه گیری حس عمقی زانو

برای ارزیابی KJP از روش ارزیابی حس وضعیت مفصل به روش " آزمون اکتیو همراه با بازسازی اکتیو همان اندام" صورت گرفت. از آزمودنی خواسته شد که بر روی تخت نشسته پاها از لبه تخت آویزان باشد، به گونه ای که زوایای مفاصل ران و زانوی وی ۹۰ درجه خم باشند (وضعیت استراحت). مرکز گونیامتر بر روی خط مفصلی خارج زانو قرار می گیرد، بازوی ثابت گونیامتر در راستای استخوان ران و بازوی متحرک، در راستای استخوان نازک نی به وسیله باند نواری به پای آزمودنی ثابت شد (پای غالب). سپس آزمونگر پای آزمودنی را به صورت پسیو تا حد زاویه هدف (۱۳۵ درجه) بالا می برد (۳۵) و از آزمودنی می خواهد ضمن نگه داشتن اکتیو پای خود در این زاویه، آن را به خاطر بسپارد



تصویر ۲: آزمون میزان خطای فرود

A1-A4: امتیاز دهی از نمای جانبی، B1-B4: امتیازدهی از نمای قدامی

(به مدت ۵ ثانیه). سپس آزمونگر پای آزمودنی را به وضعیت استراحت یا اولیه برگردانده و از وی میخواهد تا به صورت فعال و بدون استفاده از حس بینایی (از چشم بند استفاده شد) بازسازی نماید. سپس با چشمان بسته سه مرتبه پای خود را به این زوایه برده و سه تا پنج ثانیه مکث می‌کند استراحت بین هر ست یک دقیقه بود. میانگین خطای بازسازی زاویه طی سه بار اندازه گیری، خطای بازسازی زاویه برای آن زاویه بود (۳۶).

برنامه تمرینی پیشگیری از آسیب (استاپ ایکس)

برنامه استاپ ایکس از بخش های دویدن، آموزش تعادل، الگوی پرش - فرود و تمرینات قدرتی تشکیل شده که به مدت ۲۰ تا ۲۵ دقیقه و سه بار در هفته انجام شد. برنامه با تمرینات ساده شروع می شد و سطح سختی تمرینات فردی با گذشت زمان افزایش می‌باشد(۲۷). برنامه تمرینی استاپ ایکس از برنامه های مختلف اثبات شده برای پیشگیری گرفته شده که شامل برنامه هینینگ (Henning Program; HP)، برنامه پیشگیری از آسیب زانوی ورمونت آلپاین (Vermont Alpin; VA)، برنامه فیفا ۱۱+(FIFA+11)، برنامه پیشگیری از آسیب سانتا مونیکا (Santa Monica)، برنامه پیشگیری از آسیب هندبال اسلو (Oslo) و برنامه پیشگیری از آسیب هندبال آلمان است(۳۸, ۳۷). برنامه تمرینی در جدول ۱ ارائه شده است.

در نهایت بعد از جمع آوری اطلاعات تحقیق، داده های مربوط به ویژگی آزمودنی‌ها از قبیل: سن، قد و وزن به همراه متغیر تحقیق در دو بخش آمار توصیفی و استنباطی در محیط نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. از میانگین و انحراف معیار به منظور توصیف داده ها و از شاپیروویلک برای نرمالیتی ($p\geq$۰/۰۵) و جهت بررسی همگنی واریانس ها از آزمون Leven ($p\geq$۰/۰۵) و برای بررسی تمرینات از آزمون آنالیز واریانس با اندازه گیری مکرر در سطح آلفای کوچکتر از ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته ها

اطلاعات توصیفی در مورد ویژگی های فردی آزمودنی‌ها و متغیرهای پژوهش(قد، وزن، سن، سابقه فعالیت، شاخص توده بدنی) گزارش شده است (جدول ۲).

قبل از اجرای آزمون تحلیل واریانس برای بررسی نرمال بودن متغیر های تحقیق از آزمون شاپیروویلک (با توجه به تعداد نمونه ها) استفاده شد ($p\geq$۰/۰۵). برای همگنی واریانس ها از آزمون لون استفاده شد($p\geq$۰/۰۵). از آزمون ام باکس برای بررسی همگنی کواریانس ها استفاده شد ($p\geq$۰/۰۵). همچنین مفروض های همگنی واریانس ها در آزمون تحلیل واریانس با مقادیر تکراری از آزمون کرویت موچلی استفاده شد در نتیجه با توجه به تایید پیش فرض ها می‌توان از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری جهت تحلیل استنباطی

جدول۱: برنامه تمرینی استاپ ایکس

عامل	تمرین/هفته	۱	۲	۳و۴	۵	۶و۷	۸
رفتن و	گرم کردن آسان	M ۵	M۵	M۵	M۵	M۵	M۵
دویدن	دویدن با چرخش خارجی ران	R ۸×۲	۱۰×۲ R	۱۲×۲ R	۱۴×۲ R	-	-
تعادل	لانج(R-L)	R ۱۰×۲	۱۰×۲ R	-	-	-	-
	لانج روی پد نرم(R-L)	-	-	۱۰×۲ R	۱۰×۲ R	-	-
	اسکات روی یک پا (R-L)	R ۱۰×۲	۱۲×۲ R	-	-	-	-
	اسکات روی یک پا روی پد نرم (R-L)	-	-	R۱۰×۲	۱۲×۲ R	-	-
	اسکات روی یک پا در دست داشتن توپ مدیسنبال (R-L)	-	-	۱۰×۲ R	۱۲×۲ R	-	-
	اسکات روی یک پا در دست داشتن توپ مدیسنبال روی پد نرم (R-L)	-	-	-	-	R ۱۰×۲	R ۱۲×۲
	لانج زانو در جهت عقربه های ساعت بر روی پدنرم (R-L)	-	-	-	-	R۲	R۳
	تمرین با یار تمرینی: آزمودنی با یک پا روی پد نرم ایستاده و با دست یک توپ را پرتاب می‌کند (R-L)	-	-	-	-	R ۱۰×۲	R۱۲×۲
	تمرین با یار تمرینی: ایستادن روی یک پا بر روی نیمکره تعادل و تلاش برای برهم زدن تعادل یار تمرینی (R-L)	-	-	-	-	R ۴×۲	R ۶×۲
قدرتی	گام برداری به پهلو با تراباند دور مچ پا	R ۱۰×۲	R۱۲×۲	-	-	-	-
	اسکات باتراباند	R ۱۰×۲	R۱۲×۲	-	-	-	-
	آزمون پلانک از شکم	S ۳۰×۳	S۴۰×۳	-	-	-	-
	آزمون پلانک به صورت پویا	-	-	S ۳۰×۳	۴۵×۳	S۶۰×۳	S ۶۰×۳
	آزمون پلانک جانبی با بلند کردن لگن(R-L)	R ۱۰×۲	R ۱۲×۲	-	-	-	-
	آزمون پلانک جانبی با ابداکشن ران(R-L)	-	-	R ۱۵×۱	R ۲۰×۱	R ۲۵×۱	R۳۰×۱
	اسکات روی جعبه	R ۱۰×۲	R۱۲×۲	-	-	-	-
	اسکات عمیق روی جعبه	-	-	R ۱۲×۲	R۱۴×۲	-	-
	اسکات با یک پا روی جعبه	-	-	-	-	R ۸×۲	R ۱۰×۲
	همسترینگ روسی با کش	R۱۰	R۱۲	R ۱۰×۲	R ۱۲×۲	-	-
	همسترینگ روسی	-	-	-	-	R۸	R۱۰
	پرش بلند	R ۸×۲	R ۱۰×۲	R ۸×۳	R ۱۰×۳	-	-
جامپینگ	دویدن با پرش های جانبی	-	-	-	-	R ۸×۲	R۱۰×۲
	دویدن با پرش های بلند	-	-	-	-	R ۸×۲	R۱۰×۲
	پرش و فرود در همان نقطه	-	-	-	-	R ۸×۲	R۱۰×۲

استراحت بین ست ها ۱ به ۱بوده و استراحت پایان ست ها ۱ به ۲ است (عدد اول مدت زمان مصرف شده بریا تمرین و عدد دوم میزان استراحتی که مد نظر است). R تکرار، S ثانیه، M دقیقه، R-L سمت راست و سمت چپ

این داده ها استفاده نمود (جدول ۲).

نتایج به دست آمده از آزمون آنالیز واریانس با اندازه تکراری حاکی از آن است که بازیکنان گروه تمرینی پس از اجرای هشت هفته پروتکل تمرینی استاپ ایکس برروی متغیر های پژوهش تاثیر معناداری داشت. پس از هشت هفته تمرینات استاپ ایکس در پس آزمون تفاوت معنی داری در نمرات LESS و KJP و کاهش میزان زاویه والگوس در LSLT به خود اختصاص دادند ($P\leq ۰/۰۵$) (جدول ۳).

جدول ۲: اطلاعات فردی آزمودنی‌ها

متغیرها	گروه ها	انحراف معیار±میانگین	آماره آزمون	p – مقدار
سن (سال)	تجربی	۱۱/۴۰ ± ۰/۱۹	۰/۰۰۰	۰/۴۱۷
	کنترل	۱۱/۴۰ ± ۰/۱۹		
قد (سانتی‌متر)	تجربی	۱۴۰/۷۳ ± ۰/۸۶	-۰/۴۹۸	۰/۱۴۴
	کنترل	۱۴۰/۴۷ ± ۱/۲		
وزن (کیلوگرم)	تجربی	۳۶/۲۴ ± ۱/۹۷	-۰/۴۳۵	۰/۰۶۰
	کنترل	۳۷/۱±۰۰/۱		
شاخص توده بدنی*(نیوتن بر مترمربع)	تجربی	۱۷/۹۳ ± ۰/۹۷	۱/۱۲۲	۰/۱۸۴
	کنترل	۱۷/۲۷ ± ۰/۵۷		
سابقه فعالیت (سال)	تجربی	۲/۴۷ ± ۰/۱۳	۰/۵۸۴	۰/۵۲۶
	کنترل	۲/۲۷ ± ۰/۱۱		

Body Mass Index; BMI*

جدول ۳: نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری برای فرضیه های تحقیق

		درون گروهی				بین گروهی		
متغیر	گروه	پیش آزمون انحراف معیار± میانگین	پس آزمون انحراف معیار ± میانگین	p – مقدار	اندازه اثر	اختلاف میانگین ها	آماره آزمون	p – مقدار	اندازه اثر
نمره آزمون امتیاز دهی خطای فرود**	تجربی	۱۰/۴۰±۰/۴۲۴	۸/۳۳±۰/۴۱۱	۰/۰۰۱	۰/۴۴۲	-۲/۰۶۷	۱۲/۳۷۴	۰/۰۰۲	۰/۳۰۶
	کنترل	۱۱/۱۳±۰/۴۲۴	۱۱/۱۳±۰/۴۱۱	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰			
حس عمقی مفصل زانو***	تجربی	۱۶/۰۰±۲/۶۲	۱۴/۶۶±۲/۲۶	۰/۰۰۲	۰/۳۰۰	-۱/۳۳	۱۰/۲۵۱	۰/۰۰۳	۰/۲۶۸
	کنترل	۱۳/۲۰±۱/۳۷	۱۳/۱۳±۱/۴۶	۰/۸۶۴	۰/۰۰۱	-۰/۰۶۷			
زاویه واگوس زانو	تجربی	۱۹/۳۰±۳/۲۲	۸/۴۳±۲/۲۴	۰/۰۰۱	۰/۷۵۱	-۱۰/۸۷	۹/۳۶۹	۰/۰۰۵	۰/۲۵۱
	کنترل	۱۷/۰۰±۳/۵۱	۱۶/۳۵±۳/۱۰	۰/۴۷۴	۰/۷۹۶	-۰/۶۴۵			

* سطح معناداری ۰/۰۵ ≥ p ، ** Landing Error Scoring System; LESS ، *** Knee-Joint Proprioception; KJP

بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف تعیین اثر برنامه پیشگیری از آسیب بر میزان خطای فرود و حس عمقی مفصل زانو بازیکنان فوتبال مبتلا به والگوس والگوس داینامیک زانو انجام شد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد پس از هشت هفته اجرای برنامه تمرینی می‌تواند به طور معنی داری باعث بهبود مکانیسم فرود بازیکنان وکاهش نمرات آزمون LESS و بهبود حس عمقی زانو و کاهش زاویه والگوس زانو شود. از آنجا که خم شدن زانو در جذب کارآمد، نیرو بسیار مهم است، این استراتژی می‌تواند در کنترل دقیق زانو در هنگام فرود مؤثر باشد ،کاهش خم شدن زانو در هنگام فرود عاملی خطرزا برای ایجاد آسیب زانوست. یکی از مهمترین و قویترین ریسک فاکتورهای پیش بینی کننده آسیب ACL هنگام فعالیت های ورزشی به ویژه هنگام حرکات پرشی و فرود زاویه والگوس زانو می‌باشد که میزان آن ارتباط مستقیمی با میزان گشتاوری ابداکتور هیپ بر این مفصل در صفحه تاجی دارد (۳۹). بنابراین، ترکیب والگوس افزایش یافته زانو و کاهش خم شدن زانو احتمالاً به افزایش بار مکانیکی منجر می‌شود و اجرای برنامه های تمرینی با تمرکز بر تمرینات عصبی-عضلانی، قدرتی و ارائهٔ بازخورد می‌تواند در پیشگیری از آسیب زانو در ورزشکاران جوان مؤثر باشد.

در همین راستا سیدی و همکاران (۴۰) در پژوهش خود اثر هشت هفته برنامه تمرینی فیفا ۱۱+ را بر روی کینماتیک زانو و KJP بازیکنان فوتبال مرد و زن مورد بررسی قرار دادند و نتایج این پژوهش حاکی از آن بود که حس عمقی و زاویه والگوس زانو بعد از اعمال پروتکل تمرینی بهبود یافت. علیخانی و همکاران (۴۱) اثر شش هفته برنامه تمرینی پلایمتریک را بر تعادل پویا و KJP ۲۲ بازیکن بدمینتون زن

مورد بررسی قرار داد و گزارش کرد که KJP و تعادل پویا بعد از شش هفته اجرا پروتکل تمرینی بطور معناداری بهبود یافت. رستمی و همکاران(۲۱) بهبود تعادل ایستا و پویا و همچنین کاهش واگوس دینامیک زانو را در ۳۰ بسکتبالیست زن بعد از انجام هشت هفته تمرینات -stop x نشان دادند.

باباگل تبار و نورسته (۴۲) تأثیر برنامۀ تمرینی انجمن زانوی آلمان بر راستای زانو و تعادل بازیکنان فوتبال نونهال با DKV مورد بررسی قرار داد .نتایج مطالعه حاضر نشان داد پس از هشت هفته اجرای برنامه تمرینی در زاویه والگوس زانو، فلکشن زانو در انتهای فرود، تعادل ایستا و پویا بین آزمودنی‌های دو گروه کنترل و تمرینی تفاوت معناداری مشاهده می‌شود. به علاوه Pfile و همکاران (۴۳) اثر شش هفته برنامه تمرینی عصبی عضلانی را بر تعادل دینامیکی، مکانیک فرود، و قدرت همسترینگ و چهارسر ران، ۱۱ بسکتبالیست زن دسته اول به مدت یک فصل بررسی کرد.نتایج این پژوهش نشان داد که نمرات LESS به طور قابل توجهی در طول زمان بهبود یافت، نمره پیش آزمون LESS بالاتر از پس آزمون یک و پس آزمون دو بود. یک برنامه شش هفته ای عصبی عضلانی مکانیک فرود و تعادل پویا را در طی یک دوره نه ماهه در بسکتبالیست های زن بهبود بخشید. Parsons و همکاران (۲۲) تاثیر برنامه فیفا ۱۱+ بر (LESS) و تستYBT (Y Balance Test)، چابکی، ارتفاع پرش عمودی VJ (Vertical Jump) و استقامت عضلات تنه در مقایسه با گرم کردن استاندارد در ورزشکاران زن پیش از نوجوانی در یک فصل فوتبال داخل سالن مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که برنامه فیفا ۱۱+ ممکن است بر جنبه‌های عملکرد فیزیکی در بازیکنان زن بازیکنان فوتبال ۹ تا ۱۱ ساله موثر باشد. زارعی و همکاران (۴۴) در مطالعه ای نشان داد که برنامه فیفا ۱۱+ کودکان می‌تواند مکانیسم پرش-فرود را در بازیکنان نونهال بازیکنان فوتبال ارتقا دهد. این یافته ها با نتایج مطالعه حاضر همراستاست و از دلایل همراستایی می‌توان به وجود برخی تمرینات مشترک در برنامه تمرینی و رده سنی نزدیک به مطالعه حاضر با مطالعات ارائه شده اشاره کرد. برنامه های تمرین عصبی عضلانی شامل تمرین مقاومتی، مهارت های حرکتی اساسی و پلایومتریک با هدف افزایش ثبات مفصل، کارایی حرکت، کنترل عصبی عضلانی و قدرت است (۴۵) هدف از تمرینات عصبی عضلانی افزایش شایستگی مهارت های حرکتی و افزایش قدرت عضلانی و متعاقبا کاهش بارگذاری مفاصل در حین فعالیت های پویا، مانند فعالیت های پرش- فرود است(۴۶). این برنامه های ساختار یافته ممکن است به عنوان وسیله ای برای کاهش خطر آسیب در ورزشکاران جوانی که مستعد تجربه آسیب‌های غیر تماسی اندام تحتانی هستند مفید باشد(۴۷). اکثر تحقیقات عنوان کرده اند که با تمرکز بر هماهنگی عصبی_عضلانی عضلات اندام تحتانی و اصلاح تکنیک فرود، می‌توان موجب کاهش نمرات (LESS) شد (۴۳). در همین جهت Red و همکاران (۴۸) نشان داد که تمرین عصبی-عضلانی، باعث بهبود مکانیک فرود و کاهش امتیازات تاک جامپ(Tuck Jump) و LESS در ورزشکاران جوان مرد بدون توجه به بلوغ شد. همچنین بهبود کنترل عصبی - عضلانی به دنبال تمرین می‌تواند در کاهش زاویه والگوس زانو مؤثر باشد (۴۹). به علاوه افرادی که دارای ضعف در عضلات مرکزی بدنشان هستند در ثبات تنه به هنگام فرود کنترل کمتری دارند که این عامل باعث افزایش احتمال KV در هنگام فرود می‌شود (۵۰) تمرینات تنه اثرات تمرینی ویژه ای دارند که تعادل را تقویت می کنند و دستگاه های تمرینی ناپایدار مانند تخته های تعادل و فوم نرم حس عمقی را تقویت می کنند، هماهنگی عضلات را بهبود می بخشند، عضلات پا را تقویت می کنند (۵۱).

حس عمقی یکی از عوامل مهم در کاهش خطر آسیب در ورزشکاران محسوب می‌شود و هرگونه اختلال در آن فرد را در معرض آسیب قرار می‌دهد (۵۲). احتمالا نقص های عصبی-عضلانی در طی فعالیت های همراه با پرش و فرود، حس عمقی را دچار اختلال کرده و این مهم فعالیت پیش بین(Anticipatory) عضلات ثبات دهنده زانو را مختل می‌کند که در نهایت می‌تواند فرد را در معرض آسیب ACL قرار دهد (۵۳). کنترل عصبی-عضلانی ساز و کاری است که با استفاده از ورودی های آوران ارسالی از گیرنده های مکانیکی و تنظیم رفلکس های عضلانی نقش مهمی در ثبات مفصل زانو ایفا می‌کند (۵۲). افزایش قابلیت های حس عمقی و کنترل عصبی-عضلانی از فاکتورهای ضروری پیشگیری از آسیب محسوب می شوند (۵۲).

به جز تأثیر تمرین، یادگیری و اصلاح الگوی حرکتی به دنبال بازخورد در طول تمرینات می تواند عاملی مهم در کاهش DKV و به صورت کلی بهبود مکانیک فرود و الگوی حرکت باشد. در همین راستا پیشنهاد شد آموزش پیشگیری

از آسیب می‌تواند از طریق افزایش استفاده از عضلات مفصل ران، بارگذاری مکانیکی زانو را کاهش دهد، به صورتی که تغییر رفتار پس از شرکت در برنامه پیشگیری از آسیب، حاصل سازگاری های محیطی تقویت عضله و سازگاری های مرکزی برنامه ریزی مجدد حرکتی است (۵۴).

در مطالعه حاضر نیز انجام تمرین در سطوح ناپایدار، تقویت عضلات چرخش دهنده خارجی ران، حرکات پرش - فرود، پرش جانبی و پرش بلند و اعمال بازخورد در طول این تمرینات ممکن است به ایجاد یادگیری و اصلاح الگوی حرکتی در آزمودنی‌ها منجر شده باشد. در جمع بندی کلی می‌توان بیان کرد که برنامه های پیشگیری از آسیب چند وجهی یا چند مداخله ای شامل تمرینات تعادلی، قدرت، پلایومتریک، چابکی و تمرینات دویدن با تأثیر مثبت بر حس عمقی و عملکرد حرکتی می‌تواند در کاهش خطر آسیب دیدگی اندام تحتانی مؤثر باشد (۵۵) که برنامه تمرینی استاپ ایکس نیز از این ویژگی برخوردار بود.

نتایج این پژوهش نشان داد که برنامه تمرینی استاپ ایکس (برنامه پیشگیری از آسیب چندوجهی یا چند مداخله ای) باعث بهبود الگوی مکانیزم فرود، حس عمقی و زاویه والگوس زانو کودکان بازیکنان فوتبال می‌شود و به نوعی می‌تواند ریسک آسیب ACL را در سنین کودکی کاهش دهد. بنابراین توصیه می‌شود که از تمرینات استاپ ایکس در تمام جلسات تمرینی توسط مربیان مورداستفاده قرار گیرد. البته این نکته ضروری است که، رده سنی نونهالان و جنسیت پسر آزمودنی‌های این پژوهش محدودیت تحقیق محسوب می شوند. لذا به محققان دیگر پیشنهاد می شود که تأثیر برنامه پیشگیری از آسیب استاپ ایکس بر ریسک های مختلف آسیب ACL را در جامعه بزرگتر و همچنین بر روی بازیکنان فوتبال نونهال دختر نیز مورد بررسی قرار دهند.

سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از پایان نامه/ طرح پژوهشی خانم عادله اسلامی شهربابکی با راهنمایی آقای دکترمنصور صاحب الزمانی و مشاوره آقای دکتر سعید بحیرایی گروه علوم ورزشی دانشگاه شهید باهنر کرمان می‌باشد. پژوهشگران از تمامی بازیکنان فوتبال نونهال تیم جواد و خورسند شهربابک و مربیان این تیم که در این پژوهش آن ها را یاری کردند، سپاسگزارند. در این مطالعه ملاحظات اخلاقی رعایت شده و کد اخلاق با شناسه IR.UK.REC.1401.006 از سوی دانشگاه شهید باهنر کرمان دریافت شد.

نقش نویسندگان

عادله اسلامی: اجرا پژوهش، جمع آوری داد ها، نگارش متن

منصور صاحب الزمانی: بازبینی متن

سعید بحیرایی: تحلیل داده ها

منابع مالی

این پژوهش هیچ گونه حمایت مالی از سازمان های دولتی، خصوصی و غیر دولتی دریافت نکرده است.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

منابع

1. Sadigursky D, Braid J A, De Lira D N L, Machado B A B, et al. The FIFA 11+ injury prevention program for soccer players: a systematic review. BMC sports science, medicine and rehabilitation 2017; 9(1): 1-8.

2. Count F B. 270 million people active in football. FIFA Communications Division, Information Services 2006; 31:2007-2010.

3. Thorborg K, Krommes K K, Esteve E, Clausen M B, et al. Effect of specific exercise-based football injury prevention programmes on the overall injury rate in football: a systematic review and meta-analysis of the FIFA 11 and 11+ programmes. British journal of sports medicine 2017; 51(7): 562-571.

4. Koga H, Muneta T, Bahr R, Engebretsen L, and Krosshaug T, ACL injury mechanisms: lessons learned from video analysis, in Rotatory Knee Instability. 2017; Springer: 27-36.

5. Jlid M C, Racil G, Coquart J, Paillard T, et al. Multidirectional plyometric training: Very efficient way to improve vertical jump performance, change of direction performance and dynamic postural control in young soccer players. Frontiers in physiology. 2019; 10:1462-1471.

6. Ford K R, Myer G D, and Hewett T E. Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. Medicine and science in sports and exercise 2003; 35(10): 1745-1750.

7. Joseph A M, Collins C L, Henke N M, Yard E E, et al. A multisport epidemiologic comparison of anterior cruciate ligament injuries in high school athletics. Journal of athletic training 2013; 48(6): 810-817.

8. Filbay S R, Ackerman I N, Russell T G, and Crossley K M. Return to sport matters—longer-term quality of life after ACL reconstruction in people with knee difficulties. Scandinavian journal of medicine & science in sports 2017; 27(5): 514-524.

9. Toomey C M, Whittaker J L, Nettel-Aguirre A, Reimer R A, et al. Higher fat mass is associated with a history of knee injury in youth sport. journal of orthopaedic & sports physical therapy 2017; 47(2): 80-87.

10. Boden B P, Dean G S, Feagin J A, and Garrett W E, Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. SLACK Incorporated Thorofare, NJ 2000: 573-578.

11. Gabler C M, The Effectiveness of Neuromuscular Training on a Modifiable Anterior Cruciate Ligament Injury Risk Factor, Ohio University 2012; 34-75.

12. Ireland M L. The female ACL: why is it more prone to injury? Orthopedic Clinics 2002; 33(4): 637-651.

13. Dodwell E R, Lamont L E, Green D W, Pan T J, et al. 20 years of pediatric anterior cruciate ligament reconstruction in New York State. The American journal of sports medicine 2014; 42(3): 675-680.

14. Christino M A, Tepolt F A, Sugimoto D, Micheli L J, and Kocher M S. Revision ACL reconstruction in children and adolescents. Journal of Pediatric Orthopaedics 2020; 40(3): 129-134.

15. Johnson D L. ACL prevention programs: fact or fiction? Orthopedics (Online). 2010; 33(1): 36-45.

16. Wilczyński B, Zorena K, and Ślęzak D. Dynamic knee valgus in single-leg movement tasks. Potentially modifiable factors and exercise training

17. options. A literature review. International Journal of Environmental Research and Public Health 2020; 17(21): 8208-8215.

18. Grassi A, Smiley S P, Roberti di Sarsina T, Signorelli C, et al. Mechanisms and situations of anterior cruciate ligament injuries in professional male soccer players: a YouTube-based video analysis. European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology 2017; 27(7): 967-981.

19. Waldén M, Krosshaug T, Bjørneboe J, Andersen T E, et al. Three distinct mechanisms predominate in non-contact anterior cruciate ligament injuries in male professional football players: a systematic video analysis of 39 cases. British journal of sports medicine 2015; 49(22): 1452-1460.

20. Mauntel T C, Begalle R L, Cram T R, Frank B S, et al. The effects of lower extremity muscle activation and passive range of motion on single leg squat performance. The Journal of Strength & Conditioning Research 2013; 27(7)1813-1823.

21. Lagas I F, Meuffels D E, Visser E, Groot F P, et al. High knee loading in male adolescent pre-professional football players: Effects of a targeted training programme. Journal of science and medicine in sport 2019; 22(2): 164-168.

22. Rostami M, Sedaghati P, and Daneshmandi H. The effectiveness of the STOP-X training program on the knee valgus angle and balance in female basketball players with dynamic knee valgus: a randomized controlled trial. BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation 2024; 16(1): 52-64.

23. Parsons J L, Sylvester R, and Porter M M. The effect of strength training on the jump-landing biomechanics of young female athletes: results of a randomized controlled trial. Clinical Journal of Sport Medicine 2017; 27(2): 127-132.

24. Lopes M, Lopes S, Patinha T, Araújo F, et al. Balance and proprioception responses to FIFA 11+ in amateur futsal players: Short and long-term effects. Journal of sports sciences 2019; 37(20): 2300-2308.

25. Read P J, Oliver J L, De Ste Croix M, Myer G D, and Lloyd R S. A prospective investigation to evaluate risk factors for lower extremity injury risk

in male youth soccer players. Scandinavian journal of medicine & science in sports 2018; 28(3): 1244-51.

26. Nessler T, Denney L, and Sampley J. ACL injury prevention: what does research tell us? Current reviews in musculoskeletal medicine 2017; 10(3): 281-288.

27. Gokeler A, Welling W, Zaffagnini S, Seil R, and Padua D. Development of a test battery to enhance safe return to sports after anterior cruciate ligament reconstruction. Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy 2017; 25(1): 192-199.

28. Babagoltabar samakoush h and Norasteh A A. The effect of German Knee Association training program (STOP X program) on knee condition and balance of adolescent soccer players with dynamic knee valgus. Studies in Sport Medicine 2022; 13(30): 231-254.

29. Herrington L, Alenezi F, Alzhrani M, Alrayani H, and Jones R. The reliability and criterion validity of 2D video assessment of single leg squat and hop landing. Journal of Electromyography and Kinesiology 2017; 34: 80-85.

30. Hamdan M, Ismail S I, Hassan H, Ismail H, et al. How reliable is kinovea vs. templo in knee and hip kinematics assessment during side cutting tasks. Knee 2017; 2(1): 1-2.

31. Koorosh-fard N, Rajabi R, and Shirzad E. Effect of feedback corrective exercise on knee valgus and electromyographic activity of lower limb muscles in single leg squat. Archives of Rehabilitation 2015; 16(2): 138-47.

32. Read P J, Oliver J L, Croix M B D S, Myer G D, and Lloyd R S. A review of field-based assessments of neuromuscular control and their utility in male youth soccer players. The Journal of Strength & Conditioning Research 2019; 33(1): 283-99.

33. Padua D A, DiStefano L J, Beutler A I, De La Motte S J, et al. The landing error scoring system as a screening tool for an anterior cruciate ligament injury–prevention program in elite-youth soccer athletes. Journal of athletic training 2015; 50(6): 589-95.

34. Beutler A I, Sarah J, Marshall S W, Padua D A, and Boden B P. Muscle strength and qualitative jump-landing differences in male and female military cadets: The jump-ACL study. Journal of sports science & medicine 2009; 8(4):663-671.

35. Read P J, Oliver J L, Croix M B D S, Myer G D, and Lloyd R S. A review of field-based assessments of neuromuscular control and their utility in male youth soccer players. Journal of strength and conditioning research 2019; 33(1): 283-291.

36. Panics G, Tallay A ,Pavlik A, and Berkes I. Effect of proprioception training on knee joint position sense in female team handball players. British journal of sports medicine 2008; 42(6): 472-476.

37. Li L, Ji Z-Q, Li Y-X, and Liu W-T. Correlation study of knee joint proprioception test results using common test methods. Journal of physical therapy science 2016; 28(2): 478-482.

38. Niederer D, Keller M, Achtnich A, Akoto R, et al. Effectiveness of a home-based re-injury prevention program on motor control, return to sport and recurrence rates after anterior cruciate ligament reconstruction: study protocol for a multicenter, single-blind, randomized controlled trial (PReP). Trials 2019; 20: 1-10.

39. Petersen W, Zantop C, Achtnich A, Zantop T, and Stöhr A. Return to Sports Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Recommendations of the German Knee Society (Deutsche Kniegesellschaft, DKG). Return to Play in Football: An Evidence-based Approach. 2018: 159-172.

40. McLean S G, Huang X, Su A, and Van Den Bogert A J .Sagittal plane biomechanics cannot injure the ACL during sidestep cutting. Clinical biomechanics. 2004; 19(8): 828-838.

41. Seyedi M, Zarei M, Daneshjoo A, Rajabi R, et al. Effects of FIFA 11+ warm-up program on kinematics and proprioception in adolescent soccer players: a parallel-group randomized control trial. Scientific Reports 2023; 13(1): 5527-5532.

42. Alikhani R, Shahrjerdi S, Golpaigany M, and Kazemi M. The effect of a six-week plyometric training on dynamic balance and knee

proprioception in female badminton players. The Journal of the Canadian Chiropractic Association 2019; 63(3):144-153.

43. Babagoltabar Samakoush H, Norasteh A. Effect of a Neuromuscular Training on Knee Valgus, Range of Motion and Muscle Strength of Soccer Players With Dynamic Knee Valgus. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine 2023; 12(3): 486-503.

44. Pfile K R, Gribble P A, Buskirk G E, Meserth S M, and Pietrosimone B G. Sustained improvements in dynamic balance and landing mechanics after a 6-week neuromuscular training program in college women's basketball players. Journal of sport rehabilitation 2016; 25(3): 233-240.

45. Zareei M, Rahmani N, and Ghorbani A. The Effect of FIFA 11+ KIDS on the Jump-Landing Biomechanics of Adolescent Soccer Players. Journal of Applied Exercise Physiology 2018; 14(27): 195-207.

46. Myer G D, Ford K R, PALUMBO O P, and Hewett T E. Neuromuscular training improves performance and lower-extremity biomechanics in female athletes. The Journal of Strength & Conditioning Research 2005; 19(1): 51-60.

47. Rössler R, Donath L, Verhagen E, Junge A, et al. Exercise-based injury prevention in child and adolescent sport: a systematic review and meta-analysis. Sports medicine 2014; 44(12): 1733-1748.

48. Forrest M R, Hebert J J, Scott B R, Brini S, and Dempsey A R. Risk factors for non-contact injury in adolescent cricket pace bowlers: a systematic review. Sports medicine 2017; 47(12): 2603-2619.

49. Read P J, Oliver J L, Dobbs I J, Wong M A, et al. The effects of a four-week neuromuscular training program on landing kinematics in pre-and post-peak height velocity male athletes. Journal of Science in Sport and Exercise 2021; 3(1): 37-46.

50. Vocke A and Schmid A. Osseous overgrowth after post-traumatic amputation of the lower extremity in childhood. Archives of orthopaedic and trauma surgery 2000; 120(7): 452-454.

51. Rössler R, Donath L, Bizzini M, and Faude O. A new injury prevention programme for children's football–FIFA 11+ Kids–can improve motor performance: a cluster-randomised controlled trial. Journal of sports sciences 2016; 34(6): 549-556.

52. Imai A, Kaneoka K, Okubo Y, and Shiraki H. Effects of two types of trunk exercises on balance and athletic performance in youth soccer players. International journal of sports physical therapy 2014; 9(1): 47-55.

53. Williams G N, Chmielewski T, Rudolph K S, Buchanan T S, and Snyder-Mackler L. Dynamic knee stability: current theory and implications for clinicians and scientists. Journal of orthopaedic & sports physical therapy 2001; 31(10): 546-566.

54. Hewett T E, Ford K R, Hoogenboom B J, and Myer G D. Understanding and preventing acl injuries: current biomechanical and epidemiologic considerations-update 2010. North American journal of sports physical therapy :NAJSPT 2010; 5(4): 234-241.

55. Powers C M. The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: a biomechanical perspective. journal of orthopaedic & sports physical therapy 2010; 40(2): 42-51.

56. Bscher M, Zech A, Pfeifer K, Nsel F, et al. Neuromuscular training for sports injury prevention: a systematic review. Medicine and science in sports and exercise 2010; 42(3): 413-421.