Sport Medicine Studies **Volume 13, No 30, 2022, Page 231-254**

Research Paper

The Effect of the German Knee Association Training Program (STOP X program) on Knee Alignment and Balance of Adolescent Soccer Players with Knee Dynamic Valgus

H. Babagoltabar Samakoush[1], A. A. Norasteh[2]

1. PhD. Physical Education and Sport Sciences (Sport Injuries & Corrective Exercises), Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
2. Professor, Department of Corrective Exercise and sport Injuries, University of guilan, Rasht, Iran (Corresponding Author)

Received Date: 2021/10/10 **Accepted Date: 2022/01/08**

Abstract

This study aimed to determine the effect of the German Knee Association training program on knee alignment and balance of adolescent soccer players with dynamic knee valgus. In this study, 30 adolescent soccer players with dynamic knee valgus defects were randomly divided into control and training groups. In this study, the squat test, landing-jump test, bass stick, and Y balance test were used to evaluate the variables. After determining the variables in the pre-test, the subjects in the training group performed Stop X exercises for 8 weeks, and the control group participated in the team's physical fitness program during this period. To investigate the differences, the paired t-test, ANCOVA test was used at a significance level of 0.05. In terms of intergroup comparison, a significant difference was observed between the control and training groups in all variables (except for the knee flexion variable at the moment of impact) ($p \leq 0.05$). According to the results, it can be concluded that Stop X exercises have affected these people. Instructors and specialists are recommended to use this program to prevent injuries.

Keywords: Knee, Posture Control, Stop-X, Soccer

1. Email: hb.sama@yahoo.com
2. Email: asgharnorasteh@yahoo.com

Extended Abstract

Background and Purpose

Biomechanical changes during landing and its effect on posture and joint loading may be associated with decreased balance and lower limb injury in these athletes (1). This study aimed to determine the effect of the German Knee Association training program on knee alignment and balance of adolescent soccer players with dynamic knee valgus.

Materials and Methods

In this study, 30 adolescent soccer players with dynamic knee valgus defects were randomly divided into control (age: 12.50 ± 0.67 year, height: 1.70 ± 0.06 m, weight: 56.41 ± 5.46 kg, bmi: 19.49 ± 1.57 kg/m2, sports history: 3.91 ± 0.79 years) and training (age: 12.30 ± 0.63 year, height: 1.68 ± 0.10 m, weight: 52.69 ± 58.55 kg, bmi: 18.53 ± 1.38 kg/m2, sports history: 4.76 ± 1.23 years) groups. In this study, the squat test, bass stick (2), and Y balance test (3) were used to evaluate the variables. The modified protocol of Hewett et al. (2005) was also used to assess the landing status (4). After determining the variables in the pre-test, the subjects in the training group performed STOPX exercises for 8 weeks, and the control group participated in the team's physical fitness program during this period. The STOP X program consists of running, balance training, jump-landing pattern, and strength training for 20 to 30 minutes, 3 sessions per week. The program started with simple exercises and the difficulty level of individual exercises increased over time (5). To investigate the differences, the percentage of changes compared to pre-test, ANCOVA test was used at a significance level of 0.05.

Findings

According to the normal distribution of the data specified by the Shapiro-Wilk test and homogeneity of variance measured by the Levene's test, the percentage of changes compared to pre-test and ANCOVA were used to measure the effect of exercise and to compare the groups (the results are presented in Table 1).

Table 1- Differences within the group and between groups of subjects before and after the training protocol

Variable	Group	Within Subject			Between Subject				
		Pre	Post	MIC	Effet size	M (¥)	F	P	Eta
KVA at the moment of impact (º)	Con	10.91 ± 4.54	10.75 ± 3.86	1.46↓	0.03	10.89	43.45	0.001*	0.66
	Exp	11.61 ± 5.02	5.00 ± 1.63	56.93 ↓	1.77	4.86			
KVA at the end of the landing (º)	Con	21.91 ± 7.39	20.58 ± 6.58	6.07 ↓	0.19	20.66	73.01	0.001*	0.76
	Exp	22.23 ± 7.88	8.61 ± 2.84	61.26 ↓	2.29	8.54			
KFA at the moment of impact (º)	Con	30.25 ± 7.31	29.33 ± 6.70	3.13 ↓	0.13	28.82	0.10	0.75	0.005
	Exp	28.53 ± 6.93	29.00 ± 6.06	1.62 ↑	0.04	29.47			
KFA at the end of the landing (º)	Con	88.83 ± 12.53	89.33 ± 10.77	0.55 ↑	0.04	91.31	8.52	0.008*	0.27
	Exp	92.84 ± 12.29	100.37 ± 15.08	7.51 ↑	0.54	98.55			
SBT (S)	Con	6.27 ± 1.91	7.03 ± 2.20	10.81 ↑	0.36	8.50	27.35	0.001*	0.55
	Exp	8.34 ± 3.53	22.74 ± 9.26	63.32 ↑	2.05	21.39			
DBT-A (cm)	Con	53.98 ± 12.61	55.81 ± 12.95	3.27 ↑	0.14	57.40	17.90	0.001*	0.44
	Exp	57.52 ± 14.94	75.69 ± 17.59	24.00 ↑	1.11	74.20			
DBT-PM (cm)	Con	76.89 ± 8.92	79.44 ± 10.36	3.20 ↑	0.23	80.77	38.41	0.001*	0.63
	Exp	78.85 ± 9.34	98.58 ± 15.89	20.01 ↑	1.51	97.36			

Table 1- Differences within the group and between groups of subjects before and after the training protocol

Variable	Group	Within Subject				Between Subject			
		Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
DBT-PL (cm)	Con	74.30 ± 8.34	76.55 ± 8.03	2.93 ↑	0.27	78.30	33.09	0.001*	0.60
	Exp	77.38 ± 12.16	97.36 ± 17.23	20.52 ↑	1.23	95.75			
DBT(TS) (cm)	Con	68.39 ± 7.64	70.60 ± 8.46	3.13 ↑	0.27	72.36	40.04	0.001*	0.64
	Exp	90.55 ± 15.99	71.25 ± 11.00	21.31 ↑	1.40	88.92			

Con: Control group; Exp: Experimental group; KVA: Knee Valgus Angle, KFA: Knee Flexion Angle, SBT: Static Balance Test, DBT: Dynamic Balance Test, A: Anterior, PM: Posterior-Medial, PL: Posterior-Lateral, TS: Total Score, S: Second, cm: Centimeter, MIC: Minimal Important Changes,*: The level of Significance 0.05, ¥: Adjusted based on pretest values, º: Degree.

The results showed a significant difference in intergroup comparison in variables such as knee valgus at the moment of impact ($p = 0.001$), knee valgus at the end of landing ($p = 0.001$), knee flexion angle at the end of landing ($p = 0.008$), static balance ($p = 0.001$), dynamic balance and its directions ($p \leq 0.01$). But this difference in the knee flexion variable at the moment of impact between the two groups was not significant ($p > 0.05$).

Conclusion

In a general conclusion, it can be stated that multi-station or multi-intervention injury prevention programs including balance, strength, plyometric, agility, running and stretching exercises with a positive effect on balance and motor performance can be effective in reducing the risk. Lower limb injury (6), which was also a feature of the STOP X exercise program. Therefore, sports medicine specialists and coaches are recommended to use this program to prevent anterior cruciate ligament injuries in this sport.

Keywords: Knee, Posture control, Stop-X, Soccer

References

1. De Bleecker C, Vermeulen S, De Blaiser C, Willems T, De Ridder R, Roosen P. Relationship between jump-landing kinematics and lower extremity overuse injuries in physically active populations: a systematic review and meta-analysis. Sports Medicine. 2020. 1515. 32.50.

2. Mohammadinia Samakosh H, Shojaedin SS, Hadadnezhad M. Comparison of effect of hopping and combined balance-strength training on balance and lower extremity selected muscles strength of soccer men with chronic ankle instability. Journal of Gorgan University of Medical Sciences. 2019;21(3):69-78.
3. Shaffer SW, Teyhen DS, Lorenson CL, Warren RL, Koreerat CM, Straseske CA, et al. Y-balance test: a reliability study involving multiple raters. Military medicine. 2013;178(11):1264-70.
4. Bell DR ,Oates DC, Clark MA, Padua DA. Two-and 3-dimensional knee valgus are reduced after an exercise intervention in young adults with demonstrable valgus during squatting. Journal of Athletic Training. 2013;48(4):442-9.
5. Niederer D, Keller M, Achtnich A, Akoto R, Ateschrang A, Banzer W, 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):1-10.
6. Hübscher M, Zech A, Pfeifer K, Hänsel F, Vogt L, Banzer W. Neuromuscular training for sports injury prevention: a systematic review. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2010;42(3):413-21.

مطالعات طب ورزشی دوره ۱۳، شماره ۳۰، پاییز و زمستان ۱۴۰۰. صص ۲۵۴-۲۳۱

مقالهٔ پژوهشی

تعیین تأثیر برنامهٔ تمرینی انجمن زانوی آلمان (برنامه STOP X) بر راستای زانو و تعادل فوتبالیست‌های نوجوان با والگوس پویا زانو

حامد باباگل تبار سماکوش[1]، علی اصغر نورسته[2]

۱. دکتری تخصصی تربیت‌بدنی (گرایش آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی)، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۲. دکتری تخصصی فیزیوتراپی، استاد دانشکدهٔ تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران (نویسنده مسئول)

تاریخ ارسال ۱۴۰۰/۰۷/۱۸ تاریخ پذیرش۱۴۰۰/۱۰/۱۸

چکیده

هدف از مطالعهٔ حاضر تعیین تأثیر برنامهٔ تمرینی انجمن زانوی آلمان بر راستای زانو و تعادل فوتبالیست‌های نوجوان با والگوس پویای زانو بود. در این مطالعه ۳۰ فوتبالیست نوجوان مبتلا به نقص والگوس پویای زانو به‌صورت تصادفی در دو گروه کنترل و تمرینی قرار گرفتند. برای ارزیابی متغیرها از آزمون اسکات، آزمون فرود-پرش، بس استیک و آزمون تعادلی Y استفاده شد. پس از تعیین متغیرها در پیش‌آزمون، آزمودنی‌های گروه تمرینی تمرینات Stop X را به مدت هشت هفته انجام دادند. گروه کنترل نیز در این دوره در برنامهٔ آمادگی جسمانی تیم شرکت داشتند. برای بررسی تفاوت از آزمون آماری تحلیل کوواریانتس و درصد تغییرات نسبت به پیش‌آزمون در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد. در زمینهٔ مقایسهٔ بین گروهی نیز در تمامی متغیرها (به‌غیراز متغیر فلکشن زانو در لحظهٔ برخورد) تفاوت معناداری بین دو گروه کنترل و تمرینی مشاهده شد (p≤۰/۰۵). با توجه به یافته‌ها می‌توان نتیجه گرفت تمرینات Stop X در این افراد تأثیرگذار بوده است. به مربیان و متخصصان پیشنهاد می‌شود از این برنامهٔ تمرینی برای پیشگیری از آسیب‌ها استفاده کنند.

واژگان‌کلیدی: زانو، کنترل پاسچر، استاپ ایکس، فوتبال

1. Email: hb.sama@yahoo.com
2. Email: asgharnorasteh@yahoo.com

مقدمه

فوتبال به‌صورت ذاتی ورزشی آسیب‌زاست (۱) و تغییر جهت، حرکات انفجاری و فرود از عوامل مهم در عملکرد این رشتهٔ ورزشی است (۲)؛ بااین‌حال، تغییرات بیومکانیکی هنگام فرود و اثر آن بر وضعیت و بارگیری مفاصل ممکن است با آسیب اندام تحتانی در این ورزشکاران همراه باشد (۳)؛ درنتیجه ناتوانی ورزشکار در حفظ راستای پویای صحیح سگمنت‌های اندام تحتانی در صفحات حرکتی، می‌تواند عاملی بسیار مهم در وقوع آسیب رباط متقاطع قدامی در فوتبال باشد (۴).

آسیب رباط متقاطع قدامی در ورزشکاران با اختلالات مرتبط با تعادل و کنترل پاسچر همراه است (۵). تعادل ضعیف پیش‌بینی‌کنندهٔ آسیب اندام تحتانی در این ورزشکاران توصیف شده است و فوتبالیست‌هایی با تعادل ضعیف‌تر تقریباً دو برابر بیشتر در معرض آسیب اندام تحتانی قرار دارند (۶). در سال‌های اخیر افزایش میزان صدمات رباط متقاطع قدامی در جمعیت کودک و نوجوان به میزان قابل‌توجهی بیشتر از افزایش مشاهده‌شده در جمعیت بزرگ‌سال است (۷) و با توجه به عدم بلوغ اسکلتی - عضلانی در این دوره، عوارض آسیب رباط متقاطع قدامی و اثر آن بر آیندهٔ ورزشی، پیشگیری از آسیب رباط متقاطع قدامی در این دوره اهمیت زیادی دارد (۸).

والگوس پویای زانو[1] الگوی تغییریافتهٔ حرکت یا تغییر در هم‌راستایی اندام تحتانی است (۴) که به تغییر عملکرد اندام تحتانی در صفحهٔ فرونتال (۹) و جذب نیروی عکس‌العمل زیاد توسط لیگامان‌های زانو در طول فعالیت‌های ورزشی منجر می‌شود که خود عاملی در قرارگیری زانو در وضعیت والگوس است (۱۰). علاوه بر این، کاهش دامنهٔ حرکتی دورسی فلکشن مچ پا[2] (۱۱) در مفصل ران نیز ضعف در ابداکتورها و چرخاننده‌های خارجی[3] مفصل ران از عوامل مؤثر در ایجاد نقص والگوس پویای زانو شناخته شده‌اند (۱۲).

ادبیات، مزایای خاص و کاهش خطر آسیب رباط متقاطع قدامی را با استفاده از برنامه‌های پیشگیری از آسیب رباط متقاطع قدامی و سندرم درد کشککی - رانی نشان داده است (۱۳). همچنین ثابت شده است که تمرینات ویژهٔ گرم کردن در تحمل خواسته‌ها یا نیازهای بیشتر در تمرینات ورزشی و کاهش خطر آسیب مؤثر است (۱۴) اما لاگز[4] و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای هدفمند روی فوتبالیست‌هایی با نقص والگوس پویای زانو بین کاهش والگوس زانو در آزمودنی‌های گروه برنامهٔ گرم

1. Dynamic Knee Valgus
2. Ankle Dorsiflexion
3. External Rotators
4. Lagas

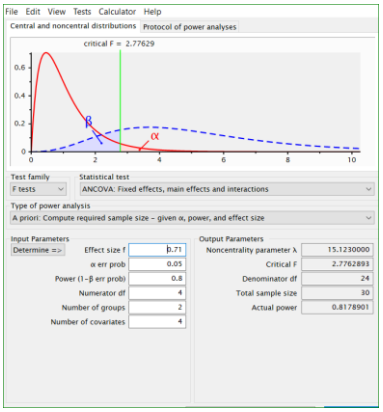
کردن عمومی و برنامهٔ گرم کردن فیفا ۱۱+ تفاوت معناداری مشاهده که از دلایل آن می‌توان به نوع برنامه فیفا ۱۱+ و طراحی آن برای گرم کردن مناسب اشاره کرد. این برنامه به‌صورت اختصاصی برای کاهش آسیب رباط متقاطع قدامی طراحی نشد (۱۵) که نشان‌دهندهٔ اهمیت استفاده از تمرینات اختصاصی در اصلاح نقص والگوس پویای زانو و آسیب رباط متقاطع قدامی است. بر این اساس در طراحی برنامه‌های پیشگیری از آسیب در ورزشکاران نوجوان که در دورهٔ پیش از بلوغ و بلوغ (۱۲ تا ۱۴ سال) قرار دارند و خطر آسیب رباط متقاطع قدامی در آن‌ها زیاد است (۱۶) باید بر متغیرهایی همچون بهبود تعادل، بیومکانیک اندام تحتانی، فعالیت عضلات، عملکرد، قدرت، توان، کاهش نیروی وارد بر زمین (نیروی عکس‌العمل) (۱۷)، وجود حرکات برشی و پلیومتریک و نیز اصل اختصاصی بودن بر اساس رشتهٔ ورزشی تأکید داشت (۱۸). بر این اساس و با توجه به اهمیت گرم کردن و اعمال تمرینات اختصاصی برای ورزشکاران در معرض آسیب رباط متقاطع قدامی، انجمن زانوی آلمان[1] برنامهٔ تمرینی اختصاصی برای اصلاح والگوس پویای زانو با نام برنامه STOP X ارائه داده که ورزشکاران مبتلا به نقص والگوس پویای زانو می‌توانند آن را انجام دهند و بیان شده که این برنامه‌های تمرینی می‌تواند آسیب‌های زانو را تا ۲۷ درصد و آسیب‌های رباط متقاطع قدامی تا ۵۱ درصد کاهش دهد (۱۹) بااین‌حال، طبق بررسی‌های انجام‌شده توسط پژوهشگر مطالعه‌ای یافت نشد که میزان اثرگذاری این برنامهٔ تمرینی (استاپ ایکس) را در جامعهٔ ورزشی مشخصی به‌صورت دقیق بررسی کرده باشد. بر این اساس، به نظر می‌رسد اطلاعات حاصل از این مطالعه می‌تواند در بهبود عملکرد و پیشگیری از آسیب رباط متقاطع قدامی در فوتبالیست‌های نوجوان مبتلا به نقص والگوس پویای زانو و نیز ارائهٔ برنامهٔ مداخله‌ای و پیشگیرانه به این گروه از افراد مؤثر باشد.

روش‌پژوهش

مطالعهٔ حاضر از نوع نیمه‌تجربی است که به لحاظ زمان اجرا مقطعی و از حیث استفاده از نتایج کاربردی است. جامعهٔ آماری پژوهش شامل فوتبالیست‌های پسر نوجوان دارای نقص والگوس پویای زانو در مدرسهٔ فوتبال شاهین آمل بودند که با توجه به ادبیات پژوهش و مطالعهٔ پژوهش‌های مشابه در این زمینه، ورزشکاران دارای دست‌کم سه سال سابقهٔ ورزشی بودند و نیز دست‌کم در سه جلسه تمرین در هفته شرکت داشتند. وضعیت بلوغ در این مطالعه با پرسشنامهٔ استاندارد تانر[2] ررسی شد. در این بررسی پس از اندازه‌گیری قد و وزن، اندازهٔ آلت تناسلی، بیضه و نحوهٔ رشد موهای زهار و زیر بغل و همچنین تغییرات صدا بررسی شد. تغییرات در رشد بیضه‌ها و اسکروتوم و رشد موهای زهار بر

1. German Knee Society
2. Tanner

اساس طبقه‌بندی تانر انجام شد. این پرسشنامه، مراحل رشد بلوغ را به‌صورت تصویری نشان داده است. آزمودنی‌هایی برای این مطالعه انتخاب شدند که در مرحلهٔ G1 (یعنی مرحلهٔ قبل از بلوغ) قرار داشتند. تعداد نمونه‌ها با استفاده از نرم‌افزار برآورد حجم نمونه (جی پاور) تعیین شد. با توجه به آزمون آماری آنکوا و داشتن یک متغیر در آلفای ۰/۰۵ و بتای ۰/۲ و به دلیل بزرگ بودن جامعهٔ آماری، حجم نمونه ۱۵ نفر در هر گروه در نظر گرفته شد تا توان آماری برابر ۰/۸ به دست آید که توان آماری مناسب و اندازهٔ اثر ۰/۷۱ (تعداد بیشینه) برای مطالعات تجربی است. از مجموع ۳۰ نفر شرکت‌کننده، ۱۳ نفر از گروه تمرینی و ۱۲ نفر از گروه کنترل در پس‌آزمون شرکت کردند (درصد ماندگاری آزمودنی‌ها در پژوهش ۸۳/۳۳ بود). قبل از آغاز پژوهش، والدین تمامی آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامهٔ شرکت در آزمون‌های پژوهش را امضاء کردند و سپس طی یک جلسه نحوهٔ انجام آزمون‌ها برای آزمودنی‌ها تشریح شد. همهٔ آزمودنی‌ها سالم بودند و سابقهٔ کمردرد یا آسیب زانو و مچ پا نداشتند. همچنین، ورزشکارانی وارد پژوهش شدند که دارای نقص والگوس پویای زانو با منشأ عدم تعادل عضلانی در مچ پا بودند. از محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به هماهنگ نبودن دو دوربین و ضعف برنامهٔ تمرینی در بخش انعطاف‌پذیری مچ پا اشاره کرد که سعی شد در بخش گرم کردن عمومی بخشی از این محدودیت رفع شود. در این مطالعه ملاحظات اخلاقی رعایت شده و کد اخلاق با شناسهٔ IR.SSRI.REC.1399.880 از سوی پژوهشگاه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دریافت شد. در ضمن، مطالعهٔ حاضر در دوران همه‌گیری بیماری کرونا انجام شد و در تمام مراحل آزمون‌گیری و پروتکل تمرینی نکات بهداشتی به‌طور کامل رعایت شد.



ارزیابی والگوس زانو: در این مطالعه برای تعیین وجود والگوس پویای زانو و نیز تعیین منشأ عدم تعادل عضلانی مؤثر بر آن از آزمون اسکات بالای سر استفاده شد. هر آزمودنی پنج آزمون اسکات روی هر دو پا در وضعیت استاندارد (پاها به‌اندازهٔ عرض شانه باز، انگشتان مستقیم رو جلو، دست‌ها بالای سر با آرنج قفل‌شده در اکستنشن، زانوها تا ۹۰ درجه فلکشن) اجرا کرد، در حالی که آزمونگر از روبه‌رو او را مشاهده می‌کرد. به آزمودنی اجازه داده شد پیش از آزمون اسکات، این آزمون را پنج بار تمرین کند. اگر حین حرکت و اجرای سه آزمون اسکات از پنج اسکات، آزمونگر به‌طور بصری از نمای قدامی مشاهده می‌کرد که نقطهٔ میانی پتلای پای برتر از بخش داخلی انگشت بزرگ پا عبور کرده است، فرد دارای والگوس پویای زانو بود (۲۰). سپس، برای تشخیص علت اصلی اینکه والگوس پویای زانو عدم تعادل عضلانی در ران یا مچ پاست، کشی به ارتفاع پنج سانتی‌متر زیر هر دو پاشنه قرار می‌گرفت و فرد پنج اسکات دیگر را انجام می‌داد (۲۰). درصورتی‌که والگوس زانو حین اسکات جفت‌پا با بالا آوردن پاشنه اصلاح می‌شد، محدودیت حرکتی مچ پا (محدودیت دورسی فلکشن، کوتاهی عضلهٔ گاستروکنمیوس و سولئوس) عامل اصلی والگوس زانو بود. میزان روایی و پایایی این آزمون به ترتیب ۷۸ درصد و ۷۳ درصد گزارش شد (۲۱).

ارزیابی وضعیت فرود: برای ارزیابی وضعیت زانو در فرود از پروتکل تعدیل‌شدهٔ هوت[1] و همکاران (۲۰۰۵) استفاده شد (۲۲)، بدین‌صورت که آزمودنی بالای جعبه‌ای با ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر قرارمی‌گرفت به‌نحوی‌که فاصلهٔ بین قوزک‌های داخلی پا ۳۵ سانتی‌متر بود. از آزمودنی خواسته می‌شد ابتدا فرود و سپس حداکثر پرش عمودی را انجام دهد و دست‌ها را بالا بیاورد. به‌منظور محدود کردن حرکات افقی بدن از آزمودنی خواسته شد پاشنه پای موردآزمون را در تماس با لبهٔ جلویی جعبه قرار دهد. هر آزمودنی سه کوشش صحیح با فاصلهٔ دو دقیقه انجام داد. در این پژوهش آزمون فرود - پرش به این دلیل انتخاب شد که طبق مطالعهٔ ناگانو و همکاران[2] (۲۰۰۹) آزمون مذکور بهترین آزمون برای غربالگری ورزشکاران در معرض خطر آسیب رباط صلیبی قدامی معرفی شده است. از اطلاعات پای برتر در تجزیه‌وتحلیل نهایی استفاده شد. برای انجام آزمون دو دوربین کاسیو ساخت ژاپن با قابلیت تصویربرداری ۳۰۰ فریم در ثانیه و حافظهٔ خارجی ۱۶ گیگابایت، با توجه به طول قد آزمودنی‌ها تنظیم و روی سه‌پایه و در فاصله ۳۶۵ سانتی‌متری از سکوی فرود - پرش نصب شدند. در این آزمون ورزشکار سه بار توالی صحیح فرود - پرش را تکرار می‌کرد و درنهایت، پس از خاتمهٔ کار، هر سه کوشش صحیح با استفاده از نرم‌افزار کینووا تجزیه‌وتحلیل می‌شد. در مرحلهٔ بعد با پیش‌روی فریم به فریم در ویدئو دو تصویر انتخاب می شد. یکی تصویر پیش از فرود که بیانگر فریمی بود که پنجهٔ پا درست پس از

1. Hewet
2 Nagano

فرود به پایین از روی جعبه با زمین تماس پیدا می‌کرد و دیگری تصویر فرود که بیانگر فریمی بود که در آن ورزشکار در پایین‌ترین (حداکثر فلکشن زانو) نقطه قرار می‌گرفت. سپس، زوایای والگوس و فلکشن در تصویر مربوط به فریم پیش از فرود و فریم لحظهٔ تماس اولیه و حداکثر فلکشن با استفاده از نرم‌افزار کینووا محاسبه می‌شد (۲۳).

ارزیابی تعادل ایستا: در این مطالعه از آزمون تعادل بس استیک[1] برای ارزیابی تعادل ایستا استفاده شد. در این آزمون فرد مدت‌زمانی که می‌توانست روی پنجهٔ پا روی قطعه الواری ۲/۵ سانتی‌متری قرار بگیرد، ثبت می‌شد. این آزمون سه بار روی پای برتر اجرا و بهترین نتیجه به‌عنوان نمرهٔ آزمون تعادل ایستا در نظر گرفته می‌شد (۲۴).

ارزیابی تعادل پویا: برای ارزیابی تعادل پویا از آزمون تعادلی Y استفاده شد. برای انجام این آزمون، آزمودنی در مرکز جهات می‌ایستاد و سپس روی یک پا قرار می‌گرفت و با پای دیگر عمل دستیابی را انجام می‌داد و به حالت طبیعی روی دو پا برمی‌گشت. آزمودنی با پنجهٔ پا دورترین نقطهٔ ممکن را در هر یک از جهات تعیین‌شده لمس می‌کرد. فاصلهٔ محل تماس تا مرکز، فاصلهٔ دستیابی بود که به سانتی‌متر اندازه‌گیری می‌شد. به‌منظور به حداقل رساندن اثر یادگیری، هر آزمودنی شش بار این آزمون را در جهت‌های سه‌گانه تمرین می‌کرد (۲۵). آزمون روی پای برتر انجام می‌شد که با شوت توپ فوتبال تعیین می‌شد. برای نرمال کردن داده‌ها و مقایسهٔ آزمودنی‌ها طول اندام تحتانی نیز از خار خاصرهٔ قدامی - فوقانی تا قوزک داخلی پا اندازه‌گیری شد. به‌منظور به دست آوردن نمرهٔ تعادل پویا در هر جهت، به‌صورت جداگانه از فرمول زیر استفاده شد:

$$\text{امتیاز} = \frac{\text{فاصله‌دستیابی}}{\text{طول اندام}} \times ۱۰۰$$

برنامهٔ تمرینی انجمن زانوی آلمان (برنامه STOP X)

برنامهٔ STOP X از بخش‌های دویدن، آموزش تعادل، الگوی پرش - فرود و تمرینات قدرتی تشکیل شده که به مدت ۲۰ تا ۳۰ دقیقه و سه بار در هفته انجام شد. برنامه با تمرینات ساده شروع می‌شد و سطح سختی تمرینات فردی با گذشت زمان افزایش می‌یافت. برنامهٔ تمرینی Stop X از برنامه‌های مختلف اثبات‌شده برای پیشگیری گرفته‌شده که شامل برنامهٔ هینینگ[2]، برنامهٔ پیشگیری از آسیب

1. Bass Stick
2. Henning Program

زانوی ورمونت آلپاین[1]، برنامهٔ فیفا ۱۱+، برنامهٔ پیشگیری از آسیب سانتا مونیکا[2]، برنامهٔ پیشگیری از آسیب هندبال اسلو[3] و برنامهٔ پیشگیری از آسیب هندبال آلمان است (۲۶,۲۷). برنامهٔ تمرینی در جدول شمارهٔ ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- برنامهٔ تمرینی STOP X

فاکتور	تمرین/هفته	۱	۲	۳/۴	۵	۶/۷	۸
رفتن و دویدن	گرم کردن آسان	۵ M	۵ M	۵ M	۵ M	۵ M	۵ M
	دویدن با چرخش خارجی ران	۲×۸R	۲×۱۰R	۲×۱۲R	۲×۱۴R	-	-
تعادل	لانچ (R-L)	۲*۱۰R	۲*۱۰R	-	-	-	-
	لانچ روی پد نرم (R-L)	-	-	۲*۱۰R	۲*۱۰R		
	اسکات روی یک پا (R-L)	۲*۱۰R	۲*۱۲R	-	-	-	-
	اسکات روی یک پا روی پد نرم (R-L)	-	-	۲*۱۰R	۲*۱۲R	-	-
	اسکات روی یک پا با در دست داشتن مدیسن بال (R-L)	-	-	۲*۱۰R	۲*۱۲R	-	-
	اسکات روی یک پا با در دست داشتن مدیسن بال بر روی پد نرم (R-L)	-	-	-	-	۲*۱۰R	۲*۱۲R
	لانچ زانو در جهت عقربه‌های ساعت روی پد نرم	-	-	-	-	۲R	۳R
	تمرین با یار تمرینی: آزمودنی با یک پا روی پد نرم ایستاده و با پای دیگر یک توپ را پرتاب می‌کند (R-L)	-	-	-	-	۲*۱۰R	۲*۱۲R
	تمرین با یار تمرین: ایستادن روی یک پا روی نیم‌کرهٔ تعادل و تلاش برای برهم زدن یار تمرینی (R-L)	-	-	-	-	۲*۴R	۲*۶R

1. Vermont Alpin
2. Santa Monica
3. Oslo

ادامهٔ جدول ۱- برنامهٔ تمرینی STOP X

فاکتور	تمرین/هفته	۱	۲	۳/۴	۵	۶/۷	۸
قدرتی	گام برداری به پهلو باتراباند دور مچ پا	۲*۱۰R	۲*۱۲R	-	-	-	-
	اسکات با تراباند	۲×۱۰R	۲×۱۲R	-	-	-	-
	آزمون پلانک از شکم	۳×۳۰S	۳×۴۰S	-	-	-	-
	آزمون پلانک به‌صورت پویا	-	-	۳×۳۰S	S ۳×۴۵	۳×۶۰S	۳×۶۰S
	آزمون پلانک جانبی با بلند کردن لگن (R-L)	۲*۱۰R	۲*۱۲R	-	-	-	-
	آزمون پلانک جانبی با ابداکشن ران (R-L)	-	-	۱*۱۵R	۱*۲۰R	۱*۲۵R	۱*۳۰R
	اسکات روی جعبه	۲*۱۰R	۲*۱۲R	-	-	-	-
	اسکات عمیق روی جعبه	-	-	۲*۱۲R	۲*۱۴R	-	-
	اسکات با یک پا روی جعبه (R-L)	-	-	-	-	۲*۸R	۲*۱۰R
	همسترینگ روسی با کش	۱۰R	۱۲R	۲*۱۰R	۲*۱۲R	-	-
	همسترینگ روسی	-	-	-	-	۸R	۱۰R
جامپینگ	پرش بلند	۲*۸R	۲*۱۰R	۳*۸R	۳*۱۰R	-	-
	دویدن با پرش‌های جانبی	-	-	-	-	۲*۸R	۲*۱۰R
	دویدن با پرش‌های بلند	-	-	-	-	۲*۸R	۲*۱۰R
	پرش-فرود در همان نقطه	-	-	-	-	۲*۸R	۲*۱۰R

استراحت بین ست‌ها ۱ به ۱ و استراحت پایان ست ۱ به ۲ بود (عدد اول مدت‌زمان سپری‌شده برای تمرین و عدد دوم میزان استراحت مدنظر است).

R: تکرار، S: ثانیه، M: دقیقه، R-L: سمت راست - سمت چپ

برای تجزیه‌وتحلیل اطلاعات جمع‌آوری‌شده از روش‌های آمار توصیفی و استنباطی استفاده شد. به‌منظور بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیروویلک و برای تعیین یکسان بودن ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها از آزمون تی مستقل استفاده شد. همچنین برای بررسی تفاوت بین گروهی آزمون آماری تحلیل کوواریانس و برای بررسی تفاوت‌های درون‌گروهی به‌صورت درصد تغییرات در مقایسه با پیش‌آزمون در سطح معناداری ۰/۰۵ به کار گرفته شد. تمامی عملیات آماری به‌وسیلهٔ نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۴ انجام شد.

یافته‌ها

اطلاعات توصیفی در مورد ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها و متغیرهای پژوهش در جدول شمارهٔ ۲ شده است.

جدول ۲- ویژگی‌های فردی آزمودنی‌های پژوهش

شاخص اندازه‌گیری	گروه	انحراف استاندارد±میانگین	T	P
سن (سال)	کنترل	۱۲/۵۰ ± ۰/۶۷	۰/۷۳	۰/۴۶
	تمرینی	۱۲/۳۰ ± ۰/۶۳		
قد (متر)	کنترل	۱/۷۰ ± ۰/۰۶	۰/۵۸	۰/۵۶
	تمرینی	۱/۶۸ ± ۰/۱۰		
وزن (کیلوگرم)	کنترل	۵۶/۴۱ ± ۵/۴۶	۱/۲۸	۰/۲۱
	تمرینی	۵۲/۶۹ ± ۸/۵۵		
شاخص تودهٔ بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)	کنترل	۱۹/۴۹ ± ۱/۵۷	۱/۶۲	۰/۱۱
	تمرینی	۱۸/۵۳ ± ۱/۳۸		
سابقهٔ ورزشی (سال)	کنترل	۳/۹۱ ± ۰/۷۹	-۲/۰۳	۰/۰۵۶
	تمرینی	۴/۷۶ ± ۱/۲۳		

نتایج آزمون تی مستقل در مقایسهٔ ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها نشان داد دو گروه ازنظر ویژگی‌های فردی همگن‌اند.

با توجه به نرمال بودن داده‌ها که با آزمون شاپیروویلک مشخص شد و همچنین برقراری تجانس واریانس که با آزمون لون بررسی شد، به‌منظور بررسی تأثیر تمرین و مقایسه گروه‌ها از آزمون تحلیل کوواریانس استفاده شد که نتایج آن در جدول شمارهٔ ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- تفاوت درون‌گروهی و بین گروهی در آزمودنی‌ها قبل و بعد از اعمال پروتکل تمرینی

متغیر	گروه	تفاوت درون‌گروهی				تفاوت بین گروهی			
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون	MIC درصد تغییرات	اندازهٔ اثر	میانگین¥	F	P	Eta squared
زاویهٔ والگوس زانو در لحظهٔ برخورد (درجه)	کنترل	± ۴/۵۴ ۱۰/۹۱	± ۳/۸۶ ۱۰/۷۵	↓۱/۴۶	۰/۰۳	۱۰/۸۹	۴۳/۴۵	۰/۰۰۱	۰/۶۶
	تجربی	± ۵/۰۲ ۱۱/۶۱	± ۱/۶۳ ۵/۰۰	↓۵۶/۹۳	۱/۷۷	۴/۸۶			
زاویهٔ والگوس زانو در انتهای فرود (درجه)	کنترل	± ۷/۳۹ ۲۱/۹۱	± ۶/۵۸ ۲۰/۵۸	↓۶/۰۷	۰/۱۹	۲۰/۶۶	۷۳/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۷۶
	تجربی	± ۷/۸۸ ۲۲/۲۳	± ۲/۸۴ ۸/۶۱	↓۶۱/۲۶	۲/۲۹	۸/۵۴			
زاویهٔ فلکشن زانو در لحظهٔ برخورد (درجه)	کنترل	± ۷/۳۱ ۳۰/۲۵	± ۶/۷۰ ۲۹/۳۳	↓۳/۱۳	۰/۱۳	۲۸/۸۲	۰/۱۰	۰/۷۵	۰/۰۰۵
	تجربی	± ۶/۹۳ ۲۸/۵۳	± ۶/۰۶ ۲۹/۰۰	↑۱/۶۲	۰/۰۴	۲۹/۴۷			
زاویهٔ فلکشن زانو در انتهای فرود (درجه)	کنترل	± ۱۲/۵۳ ۸۸/۸۳	± ۱۰/۷۷ ۸۹/۳۳	↑۰/۵۵	۰/۰۴	۹۱/۳۱	۸/۵۲	۰/۰۰۸	۰/۲۷
	تجربی	± ۱۲/۲۹ ۹۲/۸۴	± ۱۵/۰۸ ۱۰۰/۳۸	↑۷/۵۱	۰/۵۴	۹۸/۵۵			
تعادل ایستا (ثانیه)	کنترل	± ۱/۹۱ ۶/۲۷	± ۲/۲۰ ۷/۰۳	↑۱۰/۸۱	۰/۳۶	۸/۵۰	۲۷/۳۵	۰/۰۰۱	۰/۵۵
	تجربی	± ۳/۵۳ ۸/۳۴	± ۹/۲۶ ۲۲/۷۴	↑۶۳/۳۲	۲/۰۵	۲۱/۳۹			

ادامهٔ جدول ۳- تفاوت درون‌گروهی و بین گروهی در آزمودنی‌ها قبل و بعد از اعمال پروتکل تمرینی

متغیر	گروه	تفاوت درون‌گروهی				تفاوت بین گروهی			
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون			پیش‌آزمون	پس‌آزمون		
جهت قدامی آزمون وای (٪ طول اندام تحتانی)	کنترل	۱۲/۶۱ ± ۵۳/۹۸	۱۲/۹۵ ± ۵۵/۸۱	↑۳/۲۷	۰/۱۴	۵۷/۴۰	۱۷/۹۰	۰/۰۰۱	۰/۴۴
	تجربی	۱۴/۹۴ ± ۵۷/۵۲	۱۷/۵۹ ± ۷۵/۶۹	↑۲۴/۰۰	۱/۱۱	۷۴/۲۰			
جهت خلفی داخلی آزمون وای (٪ طول اندام تحتانی)	کنترل	۸/۹۲ ± ۷۶/۸۹	۱۰/۳۶ ± ۷۹/۴۴	↑۳/۲۰	۰/۲۳	۸۰/۷۷	۳۸/۴۱	۰/۰۰۱	۰/۶۳
	تجربی	۹/۳۴ ± ۷۸/۸۵	۱۵/۸۹ ± ۹۸/۵۸	↑۲۰/۰۱	۱/۵۱	۹۷/۳۶			
جهت خلفی خارجی آزمون وای (٪ طول اندام تحتانی)	کنترل	۸/۳۴ ± ۷۴/۳۰	۸/۰۳ ± ۷۶/۵۵	↑۲/۹۳	۰/۲۷	۷۸/۳۰	۳۳/۰۹	۰/۰۰۱	۰/۶۰
	تجربی	۱۲/۱۶ ± ۷۷/۳۸	۱۷/۲۳ ± ۹۷/۳۶	↑۲۰/۵۲	۱/۳۳	۹۵/۷۵			
نمرهٔ کلی آزمون وای (٪ طول اندام تحتانی)	کنترل	۷/۶۴ ± ۶۸/۳۹	۸/۴۶ ± ۷۰/۶۰	↑۳/۱۳	۰/۲۷	۷۲/۳۶	۴۰/۰۴	۰/۰۰۱	۰/۶۴
	تجربی	۱۱/۰۰ ± ۷۱/۲۵	۱۵/۹۹ ± ۹۰/۵۵	↑۲۱/۳۱	۱/۴۰	۸۸/۹۲			

MIC: درصد تغییرات در مقایسه با پیش‌آزمون

¥ تنظیم‌شده بر اساس مقادیر پیش‌آزمون

درصد تغییرات درون‌گروهی در جدول شمارهٔ ۳ نشان داده شده است. در زمینهٔ مقایسهٔ بین گروهی در متغیرهایی همچون والگوس زانو در لحظهٔ برخورد (p=۰/۰۰۱)، والگوس زانو در انتهای فرود (p=۰/۰۰۱)، زاویه فلکشن زانو در انتهای فرود (p=۰/۰۰۸)، تعادل ایستا (p=۰/۰۰۱)، تعادل پویا و جهت‌های آن (p≤۰/۰۱) تفاوت معناداری مشاهده شد، اما این تفاوت در متغیر فلکشن زانو در لحظهٔ برخورد بین دو گروه معنی‌دار نبود (p>۰/۰۵).

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف تعیین تأثیر برنامهٔ تمرینی STOP X بر وضعیت زانو و تعادل فوتبالیست‌های نوجوان مبتلا به والگوس پویای زانو انجام شد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد پس از هشت هفته اجرای برنامهٔ تمرینی در زاویهٔ والگوس زانو، فلکشن زانو در انتهای فرود، تعادل ایستا و پویا بین آزمودنی‌های دو گروه کنترل و تمرینی تفاوت معناداری مشاهده می‌شود. ازآنجاکه خم شدن زانو در جذب کارآمد نیرو بسیار مهم است (۲۸)، این استراتژی می‌تواند در کنترل دقیق زانو هنگام فرود مؤثر باشد. کاهش خم شدن زانو در هنگام فرود عاملی خطرزا برای ایجاد آسیب زانوست (۲۹)؛ بنابراین، ترکیب والگوس افزایش‌یافتهٔ زانو و کاهش خم شدن زانو احتمالاً به افزایش بار مکانیکی منجر می‌شود و اجرای برنامه‌های تمرینی با تمرکز بر تمرینات عصبی - عضلانی، قدرتی (۱۸) و ارائهٔ بازخورد (۲۸) می‌تواند در پیشگیری از آسیب زانو در ورزشکاران جوان مؤثر باشد. در همین راستا شوامدر[1] (۲۰۲۰) گزارش کرد به دنبال اجرای برنامهٔ تمرینی عصبی - عضلانی در خانه در زاویهٔ والگوس زانو پای برتر (۶/۸ درجه) و غیربرتر (۶/۴ درجه) ورزشکاران مرد والیبال و بسکتبال کاهشی معنادار به وجود می‌آید (۳۰). محمدی و همکاران (۲۰۱۹) نیز کاهش معنادار زاویهٔ والگوس پویا را در حداکثر فلکشن زانو (۶/۵۱ درجه) گزارش کردند (۳۱). همچنین کورل[2] (۲۰۲۰) اشاره کرد به دنبال اجرای شش برنامهٔ تمرینی قدرتی ران در دانش‌آموزان ۱۲- ۱۳ ساله اختلاف معناداری در زاویهٔ والگوس زانوی راست (۷/۵۲ درجه) و چپ (۶/۸۷ درجه) دو گروه کنترل و تمرینی به جود آمده است (۳۲). علاوه بر این ساساکی[3] و همکاران (۲۰۱۹) تمرینات ثبات مرکزی را در کاهش والگوس زانوی ورزشکاران بسکتبال مؤثر دانستند (۳۳). همچنین میر[4] و همکاران (۲۰۰۶) به تأثیر تمرینات تعادلی پلایومتریک بر افزایش

1. Schwameder
2. Corl
3. Sasaki
4. Myer

زاویهٔ فلکشن زانو در انتهای فرود اشاره کردند (۳۴) و نیز لوپز[1] و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند تمرینات پیشگیری از آسیب در افزایش زاویهٔ فلکشن زانو در انتهای فرود مؤثر است، ولی در زاویه فلکشن زانو در تماس اولیه تأثیری ندارد (۳۵). این یافته‌ها با نتایج مطالعه حاضر هم‌راستاست و از دلایل هم‌راستایی می‌توان به وجود برخی تمرینات مشترک در برنامهٔ تمرینی حاضر و مطالعات ارائه-شده اشاره کرد. نزدیک بودن زاویهٔ فلکشن زانو در آزمودنی‌های پژوهش حاضر به نورم موردقبول آن می‌تواند یکی از دلایل مؤثر نبودن برنامه‌های تمرینی در زاویهٔ فلکشن زانو در لحظهٔ برخورد باشد، به‌صورتی‌که در مطالعات مختلف زاویهٔ ۲۵ تا ۳۰ درجه فلکشن زانو در لحظهٔ برخورد برای مردان، زاویهٔ کم‌خطر در آسیب رباط صلیبی قدامی پذیرفته شده است (۳۶,۳۷).

سازوکار بالقوه‌ای که با استفاده از این تغییرات می‌تواند از پارگی رباط متقاطع قدامی محافظت کند این است که افزایش فلکشن ران و زانو، عضلات همسترینگ را در موقعیتی مطلوب برای انقباض قرار می‌دهد (۳۸) و احتمالاً این امکان را به آن‌ها می‌دهد تا با کشیدن استخوان درشت‌نی به عقب (کاهش نیروی قدامی استخوان درشت‌نی) (۳۵) و جذب نیرو هنگام فرود (۳۹) نیروهای مؤثر بر والگوس زانو را کاهش دهند (۳۵). در همین خصوص، بیان شد که در زمان اعمال بار کشویی قدامی زانو، اوج انتقال بار والگوس به بار رباط صلیبی قدامی در محدودهٔ ۲۰ تا ۴۰ درجه خم شدن زانو رخ می‌دهد و کنترل والگوس زانو در این زوایا می‌تواند عاملی مؤثر در کاهش خطر آسیب رباط متقاطع قدامی باشد (۴۰,۴۱). همچنین بهبود کنترل عصبی - عضلانی به دنبال تمرین می‌تواند در کاهش زاویهٔ والگوس زانو مؤثر باشد. در این راستا بیان شد که تقویت عضلهٔ تنه، پا و حس عمقی کف پا عواملی در بهبود تعادل مؤثرند (۴۴-۴۲). تمرینات تنه اثرات تمرینی ویژه‌ای دارند که تعادل را تقویت می‌کنند (۴۵) و دستگاه‌های تمرینی ناپایدار مانند تخته‌های تعادل و فوم نرم حس عمقی را تقویت می‌کنند، هماهنگی عضلات را بهبود می‌بخشند، عضلات پا را تقویت می‌کنند و درنهایت تعادل را بهبود می‌بخشند (۴۶). با توجه به اینکه، ۴۰ میلی‌ثانیه طول می‌کشد تا برای جلوگیری از آسیب یا ایجاد ثبات در زانو تنش کافی همسترینگ ایجاد شود و رفلکس رباط - عضله برای جلوگیری از پارگی رباط متقاطع قدامی دیر عمل می‌کند، بهبود تعادل می‌تواند یکی از عوامل کاهش خطر آسیب رباط متقاطع قدامی باشد (۴۵). همان‌طور که بیان شد پیشگیری از آسیب رباط متقاطع قدامی با اصلاح فیدبکی[2] هنگام بازی در وضعیت آسیب‌پذیر زانو غیرممکن است؛ بنابراین، باعث بهبود تعادلِ سرعت میان رباط

1. Lopes
2. Reflexively Correcting
2. Experience-Dependent Plasticity
3. Morphologic and Molecular

- عضله نمی‌شود، بلکه توانایی فرد را برای جلوگیری از موقعیت‌های آسیب‌پذیر زانو، به‌ویژه والگوس زانو افزایش می‌دهد که به پارگی رباط متقاطع قدامی منجر می‌شود (۴۴).

علاوه بر تأثیر تمرین، یادگیری و اصلاح الگوی حرکتی به دنبال بازخورد در طول تمرینات می‌تواند عاملی مهم در کاهش والگوس پویای زانو و به‌صورت کلی بهبود الگوی حرکتی 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، به‌صورتی‌که تغییر رفتار پس از شرکت در برنامهٔ پیشگیری از آسیب، حاصل سازگاری‌های محیطی (تقویت عضله) و سازگاری‌های مرکزی (برنامه‌ریزی مجدد حرکتی) است (۴۷). همچنین بیان شده که رفتار حرکتی مستقل از قدرت است (۴۸) که نشان می‌دهد تغییرات پس از تمرین ممکن است منعکس‌کنندهٔ بهبودهای کنترل حرکتی باشد. پیشرفت‌ها در مطالعات علوم اعصاب نشان می‌دهد تغییرات در مغز انسان در پاسخ به یادگیری مهارت حرکتی رخ می‌دهد. این «انعطاف‌پذیری وابسته به تجربه۲» به تغییراتی گفته می‌شود که درنتیجهٔ تجربه در مغز (مورفولوژیک و مولکولی[۳]) ایجاد می‌شود (۴۱). انعطاف‌پذیری وابسته به تجربه زمینه‌ساز کسب رفتار ماهرانه در انسان‌های سالم است. در این راستا و در مطالعه‌ای با هدف مقایسهٔ تأثیر یک برنامهٔ ده هفته‌ای قدرتی اندام تحتانی (۲۰ جلسه) با یک برنامهٔ آموزش مهارت‌آموزی ده هفته‌ای (۲۰ جلسه) که در آن به داوطلبان مکانیک مناسب فرود آموخته‌شده است، بیان شد که آموزش مهارت‌آموزی برتر از آموزش قدرت در راهبردهای فرود بود. علاوه بر این، مشخص شد تغییر در رفتار مشاهده‌شده بلافاصله پس از آموزش مهارت در شش ماه پیگیری حفظ شد که نشان می‌دهد یادگیری حرکتی رخ داده است (۴۷). در مطالعهٔ حاضر نیز انجام تمرین در سطوح ناپایدار، لانچ، اسکات، همسترینگ روسی، 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. بااین‌حال، آزمودنی‌های گروه کنترل با اینکه در طول برنامه‌های تمرینی از تمرینات قدرتی اندام تحتانی همچون اسکات، تقویت عضلات چهارسر و همسترینگ با دستگاه و تمرینات مرتبط با چابکی و سرعت در فاصله‌های مختلف بهره بردند، نبود بازخورد در طول تمرینات در زمینهٔ کنترل والگوس زانو در طول حرکات ممکن است عاملی باشد که سبب شد در این گروه، در مقایسه با گروه تمرینی، تغییری معنادار در زاویهٔ والگوس و زاوهٔ فلکشن زانو در انتهای فرود ایجاد نشود.

در جمع‌بندی کلی می‌توان بیان کرد که برنامه‌های پیشگیری از آسیب چندایستگاهی یا چندمداخله‌ای شامل تمرینات تعادلی، قدرت، پلایومتریک، چابکی، تمرینات دویدن و کشش با تأثیر مثبت بر تعادل و عملکرد حرکتی می‌تواند در کاهش خطر آسیب‌دیدگی اندام تحتانی مؤثر باشد (۴۹) که برنامه

تمرینی Stop X نیز از این ویژگی برخوردار بود. ازاین‌رو به متخصصان پزشکی ورزشی و مربیان پیشنهاد می‌شود از این برنامه برای پیشگیری از آسیب‌ها رباط صلیبی قدامی در این رشتۀ ورزشی استفاده کنند.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از رسالۀ دکتری آقای حامد باباگل‌تبار سماکوش و راهنمایی آقای دکتر علی اصغر نورسته است. پژوهشگران از تمامی فوتبالیست‌های نوجوان تیم شاهین آمل و مربیان این تیم که در این پژوهش آن‌ها را یاری کردند، سپاسگزارند.

منابع

1. Thorborg K, Krommes KK, Esteve E, Clausen MB, Bartels EM, Rathleff MS. 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):562-71. doi: 10.1136/bjsports-2017-097591.
2. Jlid MC, Racil G, Coquart J, Paillard T, Bisciotti GN, Chamari K. 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. https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01462.
3. De Bleecker C, Vermeulen S, De Blaiser C, Willems T, De Ridder R, Roosen P. Relationship between jump-landing kinematics and lower extremity overuse injuries in physically active populations: a systematic review and meta-analysis. Sports Medicine. 2020;50:1515-32. https://doi.org/10.1007/s40279-020-01296-7.
4. Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2003;35(10):1745-50. DOI:10.1249/01.MSS.0000089346.85744.D9.
5. Dai B, Layer JS, Bordelon NM, Critchley ML, LaCroix SE, George AC, et al. Longitudinal assessments of balance and jump-landing performance before and after anterior cruciate ligament injuries in collegiate athletes. Research in Sports Medicine. 2021;29(2):129-40. https://doi.org/10.1080/15438627.2020.1721290.
6. Gonell AC, Romero JAP, Soler LM. Relationship between the Y balance test scores and soft tissue injury incidence in a soccer team. International journal of sports physical therapy. 2015;10(7):955. PMCID: PMC4675196.
7. Werner BC ,Yang S, Looney AM, Gwathmey FW. Trends in pediatric and adolescent anterior cruciate ligament injury and reconstruction. Journal of Pediatric Orthopaedics. 2016;36(5):447-52. https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000482.
8. Christino MA, Tepolt FA, Sugimoto D, Micheli LJ, Kocher MS. Revision ACL reconstruction in children and adolescents. Journal of Pediatric Orthopaedics. 2020;40(3):129-34. doi: 10.1097/BPO.0000000000001155

9. Kianifar R, Lee A, Raina S, Kulić D. Automated assessment of dynamic knee valgus and risk of knee injury during the single leg squat. IEEE journal of translational engineering in health and medicine. 2017;5:1-13. DOI: 10.1109/JTEHM.2017.2736559.
10. Myer GD, Brent JL, Ford KR, Hewett TE. Real-time assessment and neuromuscular training feedback techniques to prevent ACL injury in female athletes. Strength and conditioning journal. 2011;33(3):21. doi: 10.1519/SSC.0b013e318213afa8.
11. Lima YL, de Paula Lima PO, Bezerra MA, de Oliveira RR, Almeida GPL. The association of ankle dorsiflexion range of motion and dynamic knee valgus: A systematic review with meta-analysis. Physical Therapy in Sport. 2018;31:e4. https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2017.07.003
12. Suzuki H, Omori G ,Uematsu D, Nishino K, Endo N. The influence of hip strength on knee kinematics during a single-legged medial drop landing among competitive collegiate basketball players. International journal of sports physical therapy. 2015;10(5):592. PMCID: PMC4595912.
13. Taylor JB, Waxman JP, Richter SJ, Shultz SJ. Evaluation of the effectiveness of anterior cruciate ligament injury prevention programme training components: a systematic review and meta-analysis. British journal of sports medicine. 2015;49(2):79-87. http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2013-092358.
14. Herman K, Barton C, Malliaras P, Morrissey D. The effectiveness of neuromuscular warm-up strategies, that require no additional equipment, for preventing lower limb injuries during sports participation: a systematic review. BMC medicine. 2012;10(1):1-12. https://doi.org/10.1177/0363546507311602.
15. Lagas IF ,Meuffels DE, Visser E, Groot FP, Reijman M, Verhaar JA, 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):164-8. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.06.016.
16. Read PJ, Oliver JL, De Ste Croix M, Myer GD, Lloyd RS. 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. doi: 10.1519/JSC.0000000000001438.
17. Padua DA, DiStefano LJ, Hewett TE, Garrett WE, Marshall SW, Golden GM, et al. National Athletic Trainers' Association position statement: prevention of anterior cruciate ligament injury. Journal of athletic training. 2018;53(1):5-19. https://doi.org/10.4085/1062-6050-99-16.
18. Nessler T, Denney L, Sampley J. ACL injury prevention: what does research tell us? Current reviews in musculoskeletal medicine. 2017;10(3):281-8. https://doi.org/10.1007/s12178-017-9416-5.
19. Gokeler A, Welling W, Zaffagnini S, Seil R, 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):192-9. DOI 10.1007/s00167-016-4246-3

20. Powers CM. The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: a biomechanical perspective. journal of orthopaedic & sports physical therapy. 2010;40(2):42-51. https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2010.3337.
21. Chappell JD, Yu B, Kirkendall DT, Garrett WE. A comparison of knee kinetics between male and female recreational athletes in stop-jump tasks. The American journal of sports medicine. 2002;30(2):261-7. https://doi.org/10.1177/03635465020300021901.
22. Bell DR, Oates DC, Clark MA, Padua DA. Two-and 3-dimensional knee valgus are reduced after an exercise intervention in young adults with demonstrable valgus during squatting. Journal of athletic training. 2013;48(4):442-9. https://doi.org/10.1016/j.math.2015.09.010.
23. Nagano Y, Ida H, Akai M, Fukubayashi T. Biomechanical characteristics of the knee joint in female athletes during tasks associated with anterior cruciate ligament injury. The Knee. 2009;16(2):153-8. https://doi.org/10.1016/j.knee.2008.10.012.
24. Mohammadinia Samakosh H, Shojaedin SS, Hadadnezhad M. Comparison of effect of hopping and combined balance - strength training on balance and lower extremity selected muscles strength of soccer men with chronic ankle instability. Journal of Gorgan University of Medical Sciences. 2019;21(3):69-78. http://goums.ac.ir/journal/article-1-3387-en.html.
25. Shaffer SW, Teyhen DS, Lorenson CL, Warren RL, Koreerat CM, Straseske CA, et al. Y-balance test: a reliability study involving multiple raters. Military medicine. 2013;178(11):1264-70. https://doi.org/10.7205/MILMED-D-13-00222.
26. Niederer D, Keller M, Achtnich A, Akoto R, Ateschrang A, Banzer W, 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):1-10. https://doi.org/10.1186/s13063-019-3610-2
27. Kachouri H, Borji R, Baccouch R, Laatar R, Rebai H, Sahli S. The effect of a combined strength and proprioceptive training on muscle strength and postural balance in boys with intellectual disability: An exploratory study. Research in developmental disabilities. 2016;53:367-76. https://doi.org/10.1016/j.ridd.2016.03.003
28. Grooten WJA, Karlefur O, Conradsson D. Effects of verbal knee alignment instructions on knee kinematics, kinetics and the performance of a single-leg jump in female adolescent soccer players. European Journal of Physiotherapy. 2020;22(2):106-14. https://doi.org/10.1080/21679169.2019.1578823.
29. Podraza JT, White SC. Effect of knee flexion angle on ground reaction forces, knee moments and muscle co-contraction during an impact-like deceleration landing: implications for the non-contact mechanism of ACL injury. The Knee. 2010;17(4):291-5. https://doi.org/10.1016/j.knee.2010.02.013.
30. Schwameder H. Schwameder H. Effect of a neuromuscular home training program on dynamic knee valgus (DKV) in lateral single-leg landings. ISBS Proceedings Archive. ISBS Proceedings Archive. 2020;38(1):736. https://commons.nmu.edu/isbs/vol38/iss1/186.

31. Mohammadi H, Daneshmandi H, Alizadeh MH. Effect of Corrective Exercises Program on Strength ،ROM, and Performance in Basketball Players with Dynamic Knee Valgus. J Rehab Med. 2019;8(3):29-41. DOI: 10.22037/jrm.2019.111286.1887.
32. Corl-Baietti B. The Effects of 6 Weeks of Hip-Strengthening Exercises on Drop Jump Performance in Middle School Students. 2020. https://cedar.wwu.edu/wwuet/958.
33. Sasaki S, Tsuda E, Yamamoto Y, Maeda S, Kimura Y, Fujita Y, et al. Core-muscle training and neuromuscular control of the lower limb and trunk. Journal of athletic training. 2019;54(9):959-69. doi: 10.22080/JAEP.2019.15101.1818.
34. Myer GD, Ford KR, McLean SG, Hewett TE. The effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics. The American journal of sports medicine. 2006;34(3):445-55. https://doi.org/10.1186/1471-2474-8-39.
35. Lopes TJA, Simic M, Myer GD, Ford KR, Hewett TE, Pappas E. The effects of injury prevention programs on the biomechanics of landing tasks: a systematic review with meta-analysis. The American journal of sports medicine. 2018;46(6):1492-9. https://doi.org/10.1177/0363546517716930.
36. .۳۶ Chappell JD, Herman DC, Knight BS, Kirkendall DT, Garrett WE, Yu B. Effect of fatigue on knee kinetics and kinematics in stop-jump tasks. The American journal of sports medicine. 2005;33(7):1022-9. https://doi.org/10.1177/0363546502030002190 1.
37. Decker MJ, Torry MR, Wyland DJ, Sterett WI, Steadman JR. Gender differences in lower extremity kinematics, kinetics and energy absorption during landing. Clinical biomechanics. 2003;18(7):662-9. https://doi.org/10.1016/S0268-0033(03)00090-1.
38. Shultz SJ ,Beynnon BD, Schmitz RJ. Sex differences in coupled knee motions during the transition from non-weight bearing to weight bearing. Journal of Orthopaedic Research. 2009;27(6):717-23. https://doi.org/10.4085/1062-6050-50.10.06.
39. Norcross MF, Blackburn JT, Goerger BM, Padua DA. The association between lower extremity energy absorption and biomechanical factors related to anterior cruciate ligament injury. Clinical biomechanics. 2010;25(10):1031-6. https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2010.07.013.
40. Markolf KL, Burchfield DM, Shapiro MM, Shepard MF, Finerman GA, Slauterbeck JL. Combined knee loading states that generate high anterior cruciate ligament forces. Journal of orthopaedic research. 1995;13(6):930-5. doi.org/10.1002/jor.1100130618.
41. Dempsey AR, Elliott BC, Munro BJ, Steele JR, Lloyd DG. Can technique modification training reduce knee moments in a landing task? Journal of applied biomechanics. 2014;30(2):231-6. DOI: https://doi.org/10.1123/jab.2013-0021.
42. Imaoka K, Murase H, Fukuhara M. Collection of data for healthy subjects in stabilometry. Equilibrium Research. 1997;56(12Supplement):1-84. https://doi.org/10.3757/jser.56.12Supplement_1
43. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Controle motor: teoria e aplicações práticas: Manole; 2003.

44. Oshima T, Nakase J, Kitaoka K, Shima Y, Numata H, Takata Y, et al. Poor static balance is a risk factor for non-contact anterior cruciate ligament injury. Archives of orthopaedic and trauma surgery. 2018;138(12):1713-8. https://doi.org/10.1007/s00402-018-2984-z.
45. Imai A, Kaneoka K, Okubo Y, 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. PMCID: PMC3924608.
46. Mehl J, Diermeier T, Herbst E, Imhoff AB, Stoffels T, Zantop T, et al. Evidence-based concepts for prevention of knee and ACL injuries. 2017 guidelines of the ligament committee of the German Knee Society (DKG). Archives of orthopaedic and trauma surgery. 2018;138(1):51-61. https://doi.org/10.1007/s00402-017-2809-5.
47. Powers CM, Fisher B .Mechanisms underlying ACL injury-prevention training: the brain-behavior relationship. Journal of athletic training. 2010;45(5):513-5. https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2010.3337.
48. Mizner RL, Kawaguchi JK, Chmielewski TL. Muscle strength in the lower extremity does not predict postinstruction improvements in the landing patterns of female athletes. journal of orthopaedic & sports physical therapy. 2008;38(6):353-61. https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2008.2726.
49. Hübscher M, Zech A, Pfeifer K, Hänsel F, Vogt L, Banzer W. Neuromuscular training for sports injury prevention: a systematic review. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2010;42(3):413-21. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181b88d3.

ارجاع‌دهی

باباگل تبارسماکوش حامد، نورسته علی‌اصغر. تعیین تأثیر برنامهٔ تمرینی انجمن زانوی آلمان (برنامه STOP X) بر راستای زانو و تعادل فوتبالیست‌های نوجوان با والگوس پویا زانو. مطالعات طب ورزشی. پاییز و زمستان ۱۴۰۰؛ ۱۳(۳۰)، ۲۳۱-۵۴. شناسهٔ دیجیتال: 10.22089/SMJ.2022.11514.1541

Babagoltabar Samakoush H, Norasteh A. A. The Effect of the German Knee Association Training Program (STOP X program) on Knee Alignment and Balance of Adolescent Soccer Players with Knee Dynamic Valgus. Sport Medicine Studies. Fall & Winter 2022; 13 (30): 231-54. (Persian). Doi: 10.22089/SMJ.2022.11514.1541