# Effect of Movement Pattern Correction on Performance, Balance, and Proprioception in Active Females Prone to Anterior Cruciate Ligament Injury

Gelareh Alamouti[*1], Amir Letafatkar[2]

1. PhD Candidate of Sport Injury and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran
2. Assistant Professor of Sport injury and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

**Received: 2018.November.11** **Revised: 2018. December.22** **Accepted: 2019.April.03**

## Abstract

**Background and Aims:** Anterior cruciate ligament injury is a common injury in lower extremity. It can force the athlete stay away from the competition for a long time and causes secondary problems like knee osteoarthritis. One factor that can result in the prevention of this injury is movement pattern correction. The purpose of the present study was to evaluate the effect of movement pattern correction on performance, balance, and proprioception in active females prone to anterior cruciate ligament injury.

**Materials and Methods**: Participants were 30 women who were prone to anterior cruciate ligament injury (assessed via tuck jump test), with the mean age of 24.81± 1.83 yrs, height 164.03± 4.33 cm, and weight 63.6± 3.82 kg, who were randomly divided into two groups of exercise (n=15) and control (n=15). Balance was measured using Y balance test, proprioception was assed using universal goniometer, and participants' function was measured using Triple hop test. These variables were measured at the baseline and after the interventions following the same procedure after eight weeks correction of movement pattern exercise. T-student and independent t-test were run in SPSS software, version 21, for analyzing the data at the significance level of $p < 0.05$

**Results**: The results of statistical analyses showed significant differences after movement pattern correction exercise regarding proprioception ($P = 0.001$), balance ($P = 0.001$), and function ($P = 0.001$) in the participants in exercise group and no significant changes were observed in the control group.

**Conclusion**: Movement pattern exercise can affect the muscles and correcting the alignment of the lower extremity can lead to controlling the movements that cause ACL injury. Also, considering the effect of these exercises on improving balance, proprioception, and performance of the exercise group, it is suggested that these exercises be used to prevent ACL injury in the future.

**Keywords:** Movement pattern exercise; Anterior cruciate ligament; Proprioception; Active people

**Cite this article as:** Gelareh Alamouti, Amir Letafatkar. Effect of Movement Pattern Correction on Performance, Balance, and Proprioception in Active Females Prone to Anterior Cruciate Ligament Injury. J Rehab Med. 2020; 9(1): 102-113

* **Corresponding Author**: Gelareh Alamouti. PhD Candidate of Sport Injury and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.
Email: gelarehalamooti@gmail.com

**DOI: 10.22037/jrm.2019.111119.1774**

# تاثیر تمرینات بازخوردی بر عملکرد، تعادل و حس عمقی زنان فعال در معرض آسیب لیگامان متقاطع قدامی

گلاره الموتی[1*]، امیر لطافت‌کار[2]

۱. کارشناسی ارشد، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۲. استادیار، آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

* دریافت مقاله ۱۳۹۷/۰۸/۲۰ بازنگری مقاله ۱۳۹۷/۱۰/۰۱ پذیرش مقاله ۱۳۹۸/۰۱/۱٤ *

## چکیده

### مقدمه و اهداف

آسیب لیگامان متقاطع قدامی یکی از شایع‌ترین آسیب‌های اندام تحتانی است و می‌تواند منجر به دوری از میادین ورزشی به مدت طولانی و بروز مشکلات ثانویه مانند استئوآرتریت زانو شود. یکی از عواملی که از این آسیب جلوگیری می‌کند، اصلاح الگوهای حرکتی است. هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات اصلاح الگوی حرکت بر عملکرد، تعادل و حس عمقی زنان مستعد آسیب لیگامان متقاطع قدامی بود.

### مواد و روش‌ها

۳۰ آزمودنی زن مستعد آسیب لیگامان متقاطع قدامی (غربالگری‌شده به‌وسیله آزمون تاک) با میانگین سن ۱/۸۳±۲۴/۸۱ سال، قد ۴/۳۳±۱۶۴/۰۳ سانتی‌متر و وزن ۳/۸۲±۶۳/۶ کیلوگرم هدفمند انتخاب و به‌صورت تصادفی به دو گروه تمرین(n=15) و کنترل (n=15) تقسیم‌بندی شدند. از تست تعادل Y جهت سنجش تعادل، گونیامتر یونیورسال جهت سنجش حس عمقی و پرش سه‌گانه هاپ جهت سنجش عملکرد آزمودنی‌ها پیش و پس از هشت هفته تمرینات اصلاح الگوی حرکت استفاده شد. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از آزمون تی‌زوجی و مستقل و نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ در سطح معناداری $p<0/5$ استفاده شد.

### یافته‌ها

نتایج تجزیه‌وتحلیل آماری نشان داد که بعد از اجرای تمرینات اصلاح الگوی حرکت، تغییرات معنادار در حس عمقی زانو (P=۰/۰۰۱)، تعادل (P=۰/۰۰۱) و عملکرد (P=۰/۰۰۱) آزمودنی‌های گروه تمرین ایجاد شده است، در حالی که این تفاوت در گروه کنترل معنادار نیست.

### نتیجه‌گیری

تمرینات اصلاح الگوی حرکت از طریق تأثیر بر عضلات و اصلاح راستای مناسب اندام تحتانی می‌تواند منجر به کنترل حرکاتی که آسیب لیگامان متقاطع قدامی را ایجاد می‌کند، شود و با در نظر گرفتن اثر این تمرینات بر بهبود تعادل، حس عمقی و عملکرد گروه تمرین پیشنهاد می‌شود که این تمرینات در پیشگیری از آسیب لیگامان متقاطع قدامی در آینده مورد استفاده قرار بگیرد.

### واژه‌های کلیدی

تمرینات اصلاح الگوی حرکت؛ لیگامان صلیبی قدامی؛ حس‌عمقی؛ افراد فعال

**نویسنده مسئول: گلاره الموتی، دانشجوی دکتری آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی تهران، تهران، ایران،**
**آدرس الکترونیکی: gelarehalamooti@gmail.com**

## مقدمه و اهداف

آسیب‌های اسکلتی–عضلانی اندام تحتانی به‌عنوان یک عامل خطرزا در جوامع محسوب می‌شوند. در این بین آسیب لیگامان متقاطع قدامی (ACL[1]) شیوع بسیار بالایی دارد. در ایالات متحده آمریکا از هر ۳۰۰۰ نفر، یک نفر به این آسیب دچار می‌شود که مجموع آن‌ها به ۲۵۰۰۰۰ نفر در سال می‌رسد.[۱] افراد فعال در معرض این آسیب را مردان، زنان، ورزشکاران اعم از نوجوانان ورزشکار تشکیل می‌دهند. این افراد به‌ناچار به دلیل اجرای حرکات نامناسب (که در مطالعات پیشین تحت عنوان غلبه‌های عصبی–عضلانی یاد شده است)، دچار نقص در اجرا، تعادل، حس عمقی و دیگر متغیرهای مرتبط با اجرا[۲-۴] می‌شوند.

زنان به دلایل مختلفی همچون ویژگی‌های آناتومیکی (مانند زاویه Q بیشتر)، بیومکانیکی (مانند کاهش فلکشن زانو و ران حین انجام حرکات پرش و فرود)[۱]، فیزیولوژیکی (مانند تفاوت‌های هورمونی و عصبی–عضلانی مانند تأخیر در فعال‌سازی عضلانی در استارت زدن هنگام دویدن و اغلب در فرود)، نسبت به مردان همنوع خود، دو تا هشت برابر بیشتر مستعد آسیب ACL هستند.[۵، ۶] به دلیل شیوع بالای این آسیب، پیشگیری از آن اجتناب‌ناپذیر است.

از مداخله‌های مورد استفاده در پیشگیری از آسیب‌های زانو و اندام تحتانی می‌توان به برنامه‌های تمرینات مقاومتی، پلایومتریک، عصبی–عضلانی، حس عمقی، و چابکی اشاره نمود. پیشنهاد شده است که تعدیل الگوهای حرکتی یکی از عوامل کمک‌کننده در کاهش دردهای اسکلتی–عضلانی به‌ویژه در ناحیه زانو می‌باشد[۳۲]، اما تحقیقات به‌صورت ویژه اثر اصلاح الگوی حرکت در پیشگیری از آسیب‌های ACL را مورد بررسی قرار نداده‌اند. به نظر می‌رسد که با استفاده از اصلاح الگوهای حرکاتی مانند کنترل والگوس دینامیک زانو، افزایش فلکشن زانو و ران در حین حرکات عملکردی احتمالا بتوان الگوهای ایمن و مناسبی از حرکات را ایجاد کرد که بتواند بر تعادل، حس عمقی و عملکرد افراد[۳۲] در طولانی‌مدت اثرگذار باشد.

تمرینات با بازخورد داخلی و خارجی در تحقیقات پیشین به منظور اصلاح الگوی حرکتی در اندام تحتانی معرفی شده‌اند.[۷، ۳۶، ۳۷] بازخورد به‌عنوان یک شیوه اصلاح بیومکانیک حرکت حین انجام فعالیت‌های روزمره و حرکات خاص ورزشی به کار برده می‌شود. این تکنیک شامل اصلاح الگوی حرکت به‌وسیله مشاهده و/یا بازخورد شنیداری است.[۳] بازخورد و اصلاح الگوی حرکتی آنی و غیرآنی از بازخوردهایی هستند که در برنامه‌های پیشگیری از آسیب مورداستفاده قرار می‌گیرند.[۷، ۳۶، ۳۷] در برخی از مطالعات با استفاده از تمرینات بازخورد آنی و غیرآنی سعی بر آن است تا تأثیرگذاری بیش‌تری بر اصلاح الگوی حرکت حاصل گردد.[۷] از جمله الگوهایی که در حین اجرای این‌گونه تمرینات پیشنهاد شده است، می‌توان به حرکات مرتبط با الگوی اسکات تک‌پا[۲] و اسکات دوپا[۳] و پرش–فرود دوپا اشاره کرد.[۷، ۳۷] در این تمرینات تمرکز روی مفصل زانو می‌باشد که در این تمرین فرد با کنترل والگوس دینامیک سعی در بهبود الگوی حرکتی و عملکرد دارد.[۷] اصلاح والگوس اندام تحتانی از طریق اسکات تک‌پا و بازخوردهای مختلف می‌تواند باعث کنترل حرکات غیرطبیعی مفصل زانو شود. اجرای تمرینات در حین اتخاذ وضعیت‌های اسکات تک‌پا و دوپا باعث می‌شود که راستای مناسب اندام تحتانی حین حرکات مختلف بازیابی شود. انتظار می‌رود که این دو حرکت نه‌تنها اندام تحتانی بلکه کل زنجیره حرکتی فرد را تحت تأثیر قرار دهد. اریکسون و همکاران (۲۰۱۵) "تأثیر بازخورد آنی را در کینماتیک پرش–فرود زنان سالم" را بررسی کردند؛ یافته‌های آن‌ها نشان داد هر دو نوع بازخورد به‌طور مشابه میزان فلکشن ران و زانو را بهبود دادند و موجب کاهش نیروهای عمودی عکس‌العمل زمین شده‌اند.[۱] دالینگ و همکاران (۲۰۱۶) عنوان نمودند که عوامل خطرزای آسیب ACL شامل کاهش زاویه فلکشن تنه و زانو، افزایش زاویه ابداکشن ران حین فرود با استفاده از دستگاه راهنمای بازخورد[۴] بهبود می‌یابد.[۸] کوگلر و همکاران (۲۰۱۳) در ارتباط با پیشگیری از آسیب مجدد ACL، از بازخورد جهت ارتقای کنترل حرکتی و کاهش ریسک آسیب بهره بردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که برنامه‌های بازتوانی با تاکید بر بازخورد خارجی می‌تواند باعث اصلاح تکنیک، هماهنگی عصبی–عضلانی و در نهایت کاهش عوامل خطرزای به‌وجودآورنده آسیب مجدد ACL شود.[۹] بر اساس دانش ما، تاکنون تحقیقی تأثیر تمرینات مورد نظر را همراه با بازخورد خارجی برای افراد در معرض خطر آسیب مورد سنجش قرار نداده است. همچنین در تحقیقات ذکرشده تمرکز بر دو فاکتور تعادل پویا و حس عمقی در افراد کمتر مورد توجه محققین قرار گرفته است و از ضرورت دیگر انجام تحقیق در این زمینه می‌توان به جامع نبودن تحقیقات قبلی اشاره کرد؛ بنابراین هدف از تحقیق حاضر "بررسی تاثیر تعدیل الگوی حرکتی بر عملکرد، تعادل و حس عمقی در زنان فعال مستعد به آسیب ACL" می‌باشد.

[1] Anterior Cruciate Ligament
[2] Single Leg Squat
[3] Double Leg Squat
[4] Inertial Sensor Based Feedback

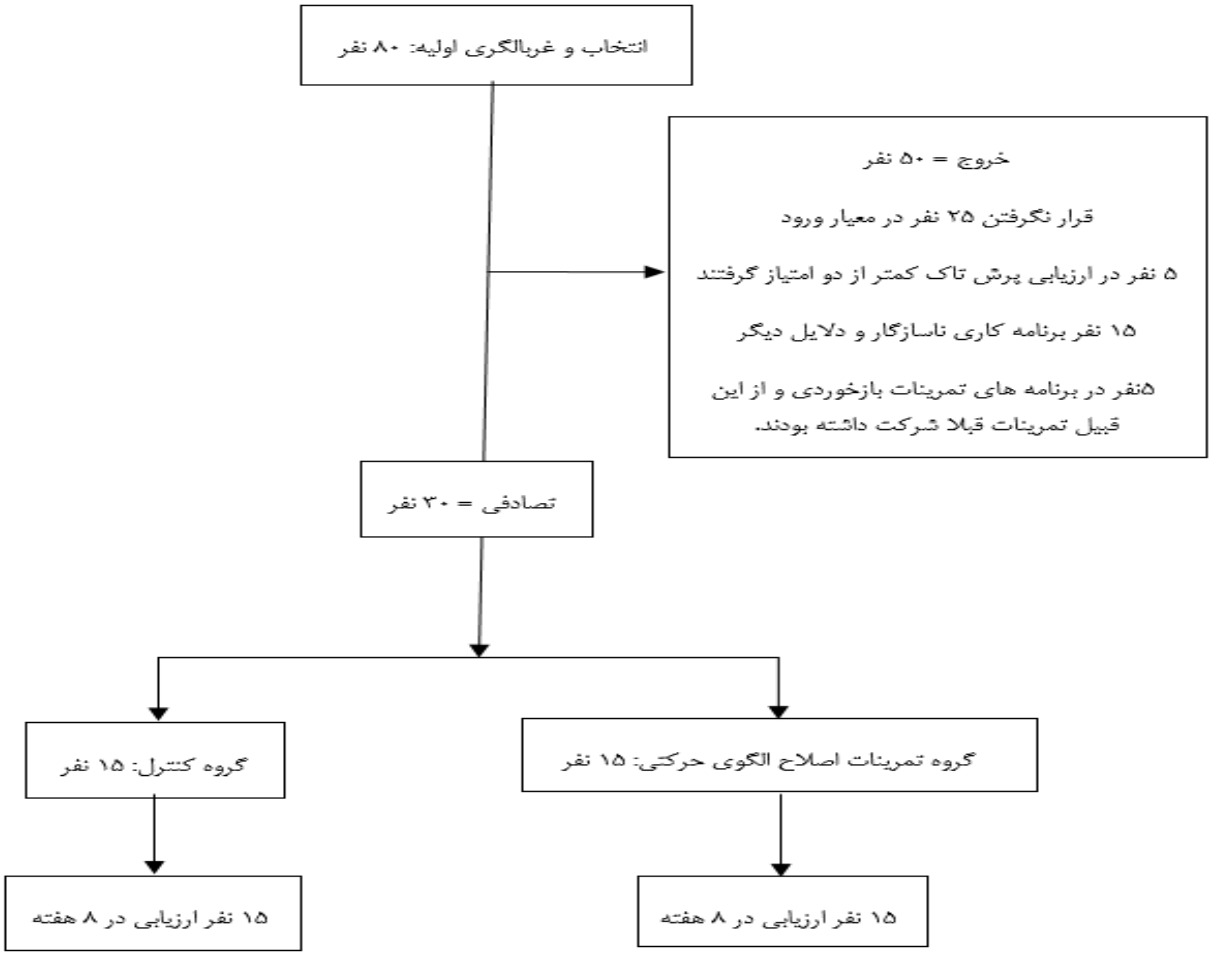
## مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر با وجود گروه کنترل، انتخاب هدفمند آزمودنی‌ها و تقسیم تصادفی گروه‌ها از نوع نیمه‌تجربی است که تحت نظارت دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه خوارزمی کرج است. جامعه آماری این تحقیق شامل ۳۰ آزمودنی زن، گروه تجربی (میانگین سن ۲۵/۰۰±۱/۷۴ سال و میانگین قد ۱۶۴/۱۱±۵/۲۳ سانتی‌متر و میانگین وزن ۶۲/۸۳±۴/۳۶ کیلوگرم؛ و گروه کنترل با میانگین سن ۲۴/۶۱±۱/۹۷ سال و میانگین قد ۱۶۳/۹۴±۳/۴۳ سانتی‌متر و میانگین وزن ۶۴/۳۸±۳/۲۳ کیلوگرم) دارای فعالیت ورزشی سه جلسه در هفته و هر جلسه یک ساعت بودند.

معیارهای خروج از تحقیق حاضر شامل سابقه آسیب اندام تحتانی، جراحی زانو و اندام تحتانی، آسیب‌های ارتوپدی، شکستگی در اندام تحتانی حداقل در دو سال گذشته و سابقه بیماری‌های روماتولوژی و عفونی و تومورهای بدخیم بود. آزمودنی‌های تحقیق با در نظر گرفتن معیارهای ورود به تحقیق و هدفمند انتخاب شدند و به‌صورت تصادفی در دو گروه کنترل و گروه تمرینات بازخوردی تقسیم‌بندی شدند. انتخاب نمونه‌ها با استفاده از معادله زیر برای هر گروه ۱۵ نفر محاسبه شد.

$$N= [(Z_{1\text{-}alpha}/2 + Z_{1\text{-}beta})^2 (S_1^2+S_2^2)]/(M_1-M_2)^2$$

پس از اطمینان از رعایت قوانین و اخلاق در پژوهش، تمامی آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه کتبی را تائید کرده و این اختیار به آن‌ها داده شد که هر زمان در صورت عدم تمایل می‌توانند از روند تحقیق خارج شوند. پس از شناسایی افراد و تقسیم آن‌ها به دو گروه کنترل (n=۱۵) و تمرین (n=۱۵) از آن‌ها پیش‌آزمون با استفاده از الکتروگونیامتر برای ارزیابی حس عمقی، تست تعادل Y برای اندازه‌گیری تعادل، پرش سه‌گانه هاپ برای ارزیابی عملکرد افراد استفاده شد. بعد از آخرین جلسه ارزیابی، تمرینات بر روی گروه تجربی شروع شد و سه روز در هفته به مدت هشت هفته ادامه داده شد. ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین پس‌آزمون به عمل آمد که در نمودار ۱ مراحل آن نشان داده شده است.




**نمودار ۱: نمودار ارزیابی واجد شرایط بودن، معیارهای ورود و خروج، تجزیه‌وتحلیل**

### ابزارهای جمع‌آوری اطلاعات

از پرش تاک برای ارزیابی تکنیک حرکات مراحل پرش و فرود استفاده شد. فرم پرش تاک شامل ده گزینه است که به هر گزینه یک نمره تعلق می‌گیرد. از آزمودنی خواسته شد تا برای شروع پای خود را اندازه عرض شانه باز و با حداکثر توانایی خود پرشی را انجام دهد که زانو به سمت سینه بالا آمده و به‌آرامی فرود آید و این پرش را تا ۱۰ ثانیه ادامه دهد. آزمونگر در فرم پرش تاک تعداد فاکتورهایی که فرد را در معرض آسیب (ACL) قرار می‌داد، علامت‌گذاری کرد. در تحقیق حاضر افرادی که سه خطا در آزمون ده گزینه‌ای داشته‌اند، به‌عنوان افراد در معرض خطر آسیب جهت اجرای این پژوهش انتخاب شدند.[۱۱]

| ارزیابی پرش تاک | |
|---|---|
| **حرکات ران و زانو** | |
| ۱. زانوی فرد در حین فرود اندام تحتانی به والگوس برود. (یک نمره) | ..... |
| ۲. در اوج پرش ران‌ها هم‌سطح نباشد. (یک نمره) | ..... |
| ۳. در هنگام پرش ران‌ها در کنار هم قرار نگیرد. (یک نمره) | ..... |
| **حالت پاها هنگام فرود** | |
| ۴. پاها اندازه عرض شانه باز نیست. | ..... |
| ۵. در هنگام فرود پاها هم‌سطح هم قرار نداشته باشد (جلو و عقب). (یک نمره) | ..... |
| ۶. پاها هم‌زمان روی زمین قرار نمی‌گیرند. (یک نمره) | ..... |
| ۷. صدای پاها در زمان برخورد با زمین بیش‌ازحد معمول است. (یک نمره) | ..... |
| **تکنیک‌های پلایومتریک** | |
| ۸. مکث بین پرش‌ها وجود داشته است. | ..... |
| ۹. نقصان در تکنیک صحیح بعد از ۱۰ ثانیه مشاهده شود. | ..... |
| ۱۰. محل برخورد پا در هر فرود متفاوت باشد. | ..... |
| جمع امتیاز ۱۰ | |

۱. گونیامتریونیورسال: از گونیامتریونیورسال مدل پترسون[1] برای ارزیابی حس عمقی استفاده شد. از آزمودنی خواسته شد که بر روی تخت نشسته پاها از تخت آویزان باشد، به طوری که مرکز گونیامتر بر روی خط مفصلی خارج زانو قرار گیرد. بازوی ثابت گونیامتر در راستای استخوان ران و بازوی متحرک، در راستای استخوان نازک‌نی به‌وسیله باند نواری به پای آزمودنی ثابت شد. آزمونگر به‌صورت پاسیو زانو را به ۹۰، ۱۰۵، ۱۲۰ و ۱۳۵ درجه برد و از آزمودنی خواسته شد که به شرایط مفصل در هر زاویه توجه کند و سپس با چشمان بسته سه مرتبه پای خود را به این زوایا برده و در هر زاویه سه تا پنج ثانیه مکث کند. در طول آزمون اعداد به‌دست‌آمده اندازه‌گیری و ثبت شد. اختلاف بین نتایج زوایا با یکدیگر مقایسه همچنین جهت تحلیل زوایای ذکرشده از میانگین سه بار تکرار در هر زاویه به دست آمد و در نهایت خطای مطلق زوایای مذکور به‌عنوان شاخص حس عمقی مورداستفاده قرار گرفت.[۱۲]

۲. آزمون تعادل Y: این آزمون برگرفته از آزمون تعادل ستاره است که گریبل[2] آن را یک آزمون معتبر برای ارزیابی تعادل پویا می‌داند. ضریب پایایی درون آزمون‌گر و بین آزمون‌گر برای جهات مختلف به ترتیب بین ۰/۸۵ تا ۰/۹۱ و ۰/۹۹ تا ۱/۰۰ و ضریب پایایی درون آزمون‌گر و بین آزمون‌گر برای نمره کل به ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۹۹ توسط پلسکی[3] گزارش شده است.[۱۳] در این آزمون سه جهت (قدامی، خلفی–داخلی و خلفی–خارجی) به‌صورت Y و با زوایای ۱۳۵، ۱۳۵ و ۹۰ درجه نسبت به هم قرار می‌گیرند. آزمودنی سه بار آزمون را تمرین می‌کرد تا روش اجرای آن را فراگیرد؛ اگر پای راست آزمودنی برتر بود، آزمون را در خلاف جهت عقربه‌های ساعت و اگر پای چپ آزمودنی برتر بود، آزمون را در جهت عقربه‌های ساعت انجام می‌داد. برای اجرا، آزمودنی با پای برتر در مرکز دستگاه ایستاد و پای دیگر را در قسمت متحرک قرار داد تا خطا نکند و به جلو راند و سپس به حالت طبیعی روی دو پا برگشت. فاصله قسمت متحرک تا مرکز دستگاه فاصله دست‌یابی اندازه‌گیری می‌شود. برای انجام این تست در ابتدا جهت نرمال‌سازی داده‌ها طول واقعی (از خار خاصره قدامی فوقانی تا قوزک داخلی) پای تکیه‌گاه آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. آزمودنی سه بار آزمون را انجام داد و آزمونگر میانگین دست‌یابی در همه جهات را اندازه‌گیری کرده، سپس نتیجه نهایی با فرمول زیر به درصدی از طول پا تبدیل شد.[۱۳،۱۴]

[1] Poterson Medical
[2] Gribble
[3] Plisky

$$\text{امتیاز} = \frac{\text{فاصله دستیابی}}{\text{طول پا}} \times 100$$

## ارزیابی عملکرد:

۱. از پرش سه‌گانه هاپ برای ارزیابی قدرت، توان و حس عمقی مفصل زانو استفاده می‌شد، روند اجرای تست به این ترتیب بود که از آزمودنی خواسته شد تا بر روی یک پا ایستاده و سه پرش بدون وقفه، با حداکثر قدرت برای پیمودن طول بیشتر انجام دهد و در آخرین پرش به مدت دو ثانیه تعادل خود را حفظ کند. این آزمون از طریق اندازه‌گیری زمان بین پرش دوم و سوم، همچنین طول سه پرش مورد ارزیابی قرار گرفت. اگر زمان بین پرش دوم تا سوم بیش‌تر از نیم ثانیه باشد، به‌عنوان ناتوانی فرد در حفظ تعادل تلقی می‌شد.[۱۵] در این تحقیق مسافت پیموده‌شده در طول سه‌گام پرش به‌عنوان نمره فرد به سانتی‌متر لحاظ شد.

پروتکل تمرینات بازخوردی:

برنامه تمرینات بازخوردی تحقیق حاضر از پروتکل بنجامینز و همکاران (۲۰۱۶) برگرفته شده است.[۷] این تمرینات با هدف اصلاح الگوی حرکت در اندام تحتانی به‌ویژه زانو بود که به مدت ۸ هفته بر روی آزمودنی‌ها با استفاده از بازخورد به‌وسیله تمرکز خارجی اجرا شد. تمرکز خارجی ناشی از توجه مستقیم فرد به خروجی و تأثیر حرکت است (برای مثال تصور کن هنگام فرود روی یک صندلی خواهی نشست.) و یا با استفاده از ابزار به فرد بازخورد داده می‌شود که در این تحقیق از ابزار خارجی استفاده شده است. تمرینات شامل اسکات دوپا، اسکات تک‌پا، راه رفتن به‌صورت لانج، پرش–فرود دوپا، ایستادن تک‌پا بر روی صفحه ناپایدار، مانور پابکس برشی، لی تک‌پای مسافتی و پرش کانترموومنت بود که در حین تمرینات دستورالعمل‌های فیدبکی به‌صورت کلامی و بصری با استفاده از استراتژی‌های یادگیری توجه بیرونی بر آزمودنی‌ها اعمال و حرکات آن‌ها را در حین تمرین تحت تأثیر قرار می‌دادند. گروه تجربی برنامه تمرین فیدبکی را به مدت هشت هفته و سه بار در هفته به‌صورت یک روز در میان انجام دادند. مدت تمرین در هر جلسه حدود ۴۵ دقیقه طول کشید. معمولاً هر تمرین دو تا سه ست و هر ست ۳۰ ثانیه تا یک دقیقه انجام می‌شد. در جدول ۱، پروتکل تمرینات بازخوردی نشان داده شده است. در هفته اول و دوم، تمرینات اسکات دوپا (شکل ۱–الف)، اسکات تک‌پا (شکل ۱–ب) و راه رفتن به‌صورت لانج (شکل ۱–پ)، هفته سوم تا پنجم، تمرینات اسکات تک‌پا، پرش–فرود دوپا (شکل ۱–ت)، ایستادن تک‌پا بر روی صفحه ناپایدار (شکل ۱–ث) و مانور پابکس برشی (شکل ۱–ج) و نهایتاً هفته ششم تا هشتم تمرینات ایستادن تک‌پا بر روی صفحه ناپایدار، مانور پابکس برشی، لی تک‌پای مسافتی (شکل ۱–چ) و پرش کانترموومنت (شکل ۱–ح) بود که در مجموعه تصاویر (شکل–۱) هشت تمرین به نمایش گذاشته شده است.

**جدول ۱. زمان‌بندی تمرینات فیدبکی**

| تمرین | اسکات دوپا | انجام حرکت لانج | اسکات تک‌پا | پرش فرود دوپا | ایستادن تک‌پا بر روی صفحه ناپایدار | مانور پابکس برشی | لی تک‌پا مسافتی | پرش کانترموومنت |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **تکرار** | ست/زمان | ست/زمان | ست/زمان | ست/زمان | ست/زمان | ست/زمان | ست/زمان | ست/زمان |
| **تمرین** | اسکات دوپا | انجام‌حرکت لانج | اسکات تک‌پا | پرش–فرود دوپا | ایستادن تک‌پا بر روی صفحه ناپایدار | مانور پابکس برشی | لی تک‌پا مسافتی | پرش کانترموومنت |
| **هفته اول** | ۲ ست/هر ست ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه | ۱ ست/هر ست ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه | – | – | – | – | – | – |
| **هفته دوم** | ۳ ست/هر ست ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه | ۲ ست/هر ست ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه | – | – | – | – | – | – |
| **هفته سوم** | – | – | ۲ ست/هرست ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه | ۲ ست/هرست ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه | ۱ ست/هرست ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه | ۱ ست/هرست ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه | – | – |
| **هفته چهارم** | – | – | ۳ ست/هر ست ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه | ۲ ست/هر ست ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه | ۲ ست/هر ست ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه | ۲ ست/هر ست ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه | – | – |
| **هفته** | | | ۳ ست/هر ست | ۳ ست/هر ست | ۲ ست/هر ست ۳۰ | ۲ ست/هر ست | | |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **پنجم** | – | – | ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه | ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه | ثانیه تا ۱ دقیقه | ۳۰ ثانیه تا ۱ | – |
| **هفته ششم** | – | – | – | – | ۳ ست/هر ست ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه | ۳ ست/هر ست ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه | ۲ ست/هر ست ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه | ۲ ست/هر ست ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه |
| **هفته هفتم** | – | – | – | – | ۳ ست/هر ست ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه | ۳ ست/هر ست ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه | ۲ ست/هر ست ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه | ۲ ست/هر ست ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه |
| **هفته هشتم** | – | – | – | – | ۳ ست/هر ست ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه | ۳ ست/هر ست ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه | ۳ ست/هر ست ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه | ۳ ست/هر ست ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه |

**ت) پرش و فرود دوپا** **پ) راه رفتن به‌صورت لانج** **ب) اسکات تک‌پا** **الف) اسکات دوپا**

**ح) پرش کانترموومنت** **چ) لی تک‌پا مسافتی** **ج) مانور پابکس برشی** **ث) ایستادن تک‌پا بر روی صفحه ناپایدار**

**تصویر ۱: تمرینات اصلاح الگوی حرکتی**

## روش آماری

به منظور بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف–اسمیرنوف استفاده گردید. برای گزارش میانگین و انحراف استاندارد داده‌ها از آمار توصیفی استفاده شد. از آزمون آنالیز واریانس اندازه‌گیری مکرر برای بررسی اثر تعاملی زمان بر گروه، برای بررسی تغییرات درون‌گروهی از آزمون تی زوجی و تغییرات بین گروهی از آزمون تی مستقل در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد. از دی کوهی برای گزارش اندازه اثر تمرینات استفاده شد (اندازه اثر ضعیف ۰/۲، متوسط ۰/۵ و بزرگ ۰/۸). نتایج تجزیه‌وتحلیل داده‌های به‌دست‌آمده از این تحقیق توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ در سطح معناداری ۹۵٪ ($\alpha \leq ۰/۰۵$) انجام شد.

## یافته‌ها

نتایج آزمون کولموگروف–اسمیرنوف نشان داد که توزیع داده‌های متغیرها در هر دو گروه طبیعی بود. اطلاعات توصیفی مربوط به میانگین و انحراف استاندارد مشخصات عمومی آزمودنی‌های پژوهش حاضر در جدول شماره ۲ ارائه شده است و نشان می‌دهد بین میانگین دو گروه در متغیرهای سن، قد و وزن تفاوت معناداری وجود ندارد (P>۰/۰۵).

**جدول ۲: میانگین و انحراف استاندارد مشخصات عمومی آزمودنی‌ها**

| متغیر | گروه تجربی | گروه کنترل |
|---|---|---|
| **سن (سال)** | ۲۵/۴±۱/۷۴ | ۲۴/۶±۱/۹۷ |
| **قد (سانتی‌متر)** | ۱۶۴/۱۱±۵/۲۳ | ۱۶۳/۹±۳/۴۳ |
| **وزن (کیلوگرم)** | ۶۲/۸±۴/۳۶ | ۶۴/۸±۳/۲۳ |

نتایج آزمون تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر نشان داد که اثر تعاملی زمان بر گروه در متغیر تعادل (F=۸/۵۸۸، P=/۰۱۳)، حس عمقی (F=۲/۱۶۳، P=۰/۰۰۵)، و عملکرد (F=۱۶/۴۳۶، P=/۰۲۶) معنادار می‌باشد؛ بنابراین برای بررسی تغییرات درون‌گروهی از آزمون تی زوجی استفاده می‌شود.

**جدول ۳. میانگین و انحراف استاندارد، بررسی تفاوت‌های درون‌گروهی و بین گروهی**

| متغیر | گروه تجربی | | گروه کنترل | | تغییرات درون‌گروهی (آزمون تی زوجی) | | تغییرات بین گروهی (آزمون تی مستقل) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | پیش‌آزمون | پس‌آزمون | پیش‌آزمون | پس‌آزمون | گروه تجربی | گروه کنترل | |
| **حس عمقی (درجه)** | ۴/۰±۰/۹۰ | ۱/۰±۰/۶۹ | ۴/۱±۰/۹۸ | ۴/۳±۱/۲۶ | ۱۶/۰۷۸<br>P=۰/۰۰۱*<br>ES=۰/۳7 | ۰/۱۹۵<br>P=۰/۸۴۸ | -۹/۹۶۵<br>P=۰/۰۰۱¥ |
| **تعادل (سانتی‌متر)** | ۱۰۳/۱۲±۶/۱۷ | ۱۱۴/۸±۵/۶۲ | ۱۰۶/۵±۴/۴۶ | ۱۰۲/۵±۷/۸۹ | -۱۰/۳۶۱<br>P=۰/۰۰۱*<br>ES=۰/۵۵ | ۳/۷۶۸<br>P=۰/۰۸۹ | ۸/۲۷۲<br>P=۰/۰۰۱¥ |
| **عملکرد (سانتی‌متر)** | ۵۰۰/۶۶±۱۴/۷۲ | ۵۱۶/۱۶±۱۵/۹۹ | ۵۰۴/۷۲±۱۵/۴۵ | ۵۰۱/۹۴±۱۷/۶۰ | -۸/۰۵۰<br>P=۰/۰۰۱*<br>ES=۰/۵۲ | ۱/۸۰<br>P=۰/۰۹۰ | ۶/۹۰۲<br>P=۰/۰۰۱¥ |

ES:Effect Size

***وجود تفاوت معنادار درون‌گروهی؛ ¥ وجود تفاوت معنادار بین گروهی**

نتایج تجزیه‌وتحلیل آماری نشان داد که بعد از اجرای تمرینات اصلاح الگوی حرکت، تغییرات معنادار در حس عمقی زانو (P=۰/۰۰۱)، تعادل (P=۰/۰۰۱) و عملکرد (P=۰/۰۰۱) آزمودنی‌های گروه تجربی ایجاد شده است، در حالی که این تفاوت در گروه کنترل معنادار نیست.

نتایج آزمون آماری تی زوجی نشان داد که بعد از اجرای هشت هفته تمرینات بازخوردی، تغییرات معنادار در حس عمقی زانو (P=۰/۰۰۱)، تعادل (P=۰/۰۰۱) و عملکرد (P=۰/۰۰۱) آزمودنی‌های گروه تجربی ایجاد شده است، در حالی که این تفاوت در گروه کنترل معنادار نیست. در جدول شماره ۳ آزمون‌های تی زوجی و مستقل به ترتیب جهت بررسی تفاوت‌های درون‌گروهی و بین گروهی ارائه شده است.

## بحث

آسیب‌های اندام تحتانی به‌ویژه زانو پس از سالیان متمادی و با استفاده از روش‌های علمی و جدید کماکان در بالاترین سطوح آسیب‌های ورزشی و غیرورزشی قرار دارد.[۳] برای رفع این مشکل تاکنون اقدامات درمانی زیادی انجام شده است که از میان آن‌ها روش غیرتهاجمی و غیردارویی به‌ویژه تمرین‌درمانی مورد توجه پژوهشگران بوده تا با استفاده از روش‌های پیشگیرانهٔ تمرین از آسیب‌های زانو پیشگیری شود.[۱۵] هدف پژوهش حاضر تأثیر هشت هفته تمرینات بازخوردی با به‌کارگیری تمرکز خارجی بر حس عمقی زانو، تعادل و عملکرد زنان فعال در معرض آسیب ACL بود که طبق یافته‌های به‌دست‌آمده تمرینات بازخوردی با تمرکز خارجی با هدف اصلاح الگوی حرکتی بهبود معناداری در حس عمقی، تعادل و عملکرد مشاهده شد.

نتایج بخش اول تحقیق نشان داد تمرینات باعث بهبود حس عمقی مفصل زانو و تعادل در پس‌آزمون گروه تجربی نسبت به پیش‌آزمون شد. بیش از این در تحقیقات زیادی نشان داده شده است که حس عمقی و تعادل مناسب، نقش عمده‌ای در کاهش آسیب ACL دارد که در تحقیق حاضر بهبود حس عمقی با تمریناتی از قبیل اسکات تک‌پا و جفت‌پا، فرود جفت‌پا و غیره به‌وسیله بازخورد دادن به آزمودنی‌ها با تمرکز خارجی اجرا شد. این تمرینات در زنجیره حرکتی بسته با کنترل بر دامنه حرکات اندام تحتانی به‌خصوص مفصل زانو صورت گرفت. همچنین، کنترل حرکات اضافه حین انجام تکالیف در مفاصل اندام تحتانی و حفظ راستای درست مفاصل برای جلوگیری از حرکات آسیب‌رسان است که باعث جلوگیری از والگوس بیش از حد زانو، جلوتر رفتن زانو حین انجام تکالیف از حد انگشتان پا و ابداکشن بیش از حد ران در آزمودنی‌ها می‌شود. به‌علاوه، فلکشن ران و زانو حین انجام تکالیف بهبود یافت. همه این عوامل احتمالاً موجب بهبود حس عمقی شده است. تمرینات اصلاح الگوی حرکت سیستم حسی–حرکتی را تحریک می‌کند و موجب افزایش هماهنگی و سفتی مفصلی می‌شود.[۱۷] تمریناتی مانند فرود و اسکات تک‌پا نیازمند عملکرد بهینه سیستم‌های عصبی–عضلانی و حس عمقی در زانو است که افزایش حس عمقی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر حفظ تعادل هنگام انجام تکالیف است[۱۸، ۱۹] و شواهد اخیر حاکی از آن است که کنترل مرکز فشار با تمرکز خارجی بهبود پیدا می‌کند و باعث بهبود در تعادل می‌شود. در تحقیق حاضر یکی از تمرینات تعادلی، تمرین نگه‌داشتن میله‌ای به‌صورت افقی و هم‌زمان حفظ تعادل بر روی صفحه ناپایدار بود که باعث کاهش فشار وارده به مفاصل اندام تحتانی از جمله زانو و کاهش آسیب در این اندام می‌شود. تمرینات اصلاح الگوی حرکت به همراه بازخورد موجب کارایی بهتر سیستم عصبی–عضلانی می‌شود که می‌تواند منجر به کاهش حرکات آسیب‌رسان اندام تحتانی شود.[۲۰]

رستمی و همکاران (۱۳۹۰) پس از اجرای دوره‌ای برنامه بازتوانی به افراد آسیب‌دیده، باعث بهبود در حس عمقی مفصل زانو شدند که نشان‌دهنده بازتوانی مناسب بود[۲۱] که با تحقیق حاضر هم‌راستا است. همچنین دانشجو و همکاران (۱۳۹۱) با به‌کارگیری دو نوع برنامه گرم کردن 11+ و هارمونی[1] باعث بهبود حس عمقی زانو در زوایای ۴۵ و ۶۰ درجه فلکشن و بهبود تعادل ایستا و پویا در بازیکنان حرفه‌ای فوتبال شدند که این موارد از عواملی است که از آسیب اندام تحتانی این افراد پیش‌گیری می‌کند.[۲۲] فریمری و همکاران (۲۰۰۰)، در برنامه توان‌بخشی بعد از آسیب، تغییر قابل‌توجهی در حس عمقی زانو مشاهده نکردند و همچنین اعلام داشتند که برای بهبود حس عمقی مدت‌زمان بازتوانی مهم است و کمتر از شش ماه تأثیر چشمگیری نخواهد داشت. از دلایل معنادار نبودن نتایج به کوتاه‌مدت بودن برنامه و یا نوع تمرینات می‌توان اشاره کرد. در مطالعه‌ی هلم و همکاران (۲۰۱۰) تمرینات عصبی–عضلانی انجام‌شده بر روی تیم هندبال موجب پیشرفت قابل ملاحظه‌ای در حس عمقی، تعادل ایستا، قدرت عضلانی و تست عملکرد نشد.[۱۸]

در بخش دوم تحقیق چگونگی تمرینات اسکات تک‌پا، اسکات دوپا، لانج، پرش–فرود دوپا، ایستادن بر روی صفحه ناپایدار و مانور پابکس برشی با هدف اصلاح الگوی حرکات با تمرکز خارجی و کاهش والگوس زانو انجام شد. به‌منظور افزایش در مسافت پرش و کاهش والگوس زانو و افزایش فلکشن ران و زانو تمرین لی‌لی تک‌پا مسافتی انجام شد. علاوه بر این، پرش کانترموومنت به دلیل تاثیر آن بر بهبود و افزایش در عملکرد و انجام حداکثر پرش و رسیدن به هدف آویز مورد نظر انجام شد.[۱۰] هدف اصلی در تمرینات پیشگیری از آسیب ACL، یادگیری الگوهای حرکتی ایمن است که در تمرینات تحقیق حاضر با تمرکز خارجی افراد، سعی در یادگیری الگوی حرکتی صحیح و ایمن و جلوگیری از حرکات آسیب‌رسان بود. استفاده و کارآمدی برنامه‌های آموزش اصلاح حرکات برای جلوگیری از آسیب‌های ACL از طریق تحقیقات متعدد انجام شده است. چنین برنامه‌ای نشان‌دهنده توانایی تغییر عوامل بیومکانیک در ارتباط با افزایش خطر ابتلا به آسیب ACL غیربرخوردی است.[۲۳–۲۵] هرمن و همکاران (۲۰۰۸) با بازخورد دادن از طریق ویدئو، همراه با اثر مکمل تمرینات قدرتی، بر عضلات زانو و مفصل ران، تأثیر معناداری بر روی کینتیک و کینماتیک ورزشکاران زن داشتند؛ بنابراین علاوه بر به دست آوردن قدرت قابل توجه، افزودن یک روش آموزش اصلاح حرکتی (به‌عنوان‌مثال بازخورد از طریق ویدئو) موجب افزایش ظرفیت برای ایجاد تکنیک‌های پیشرفته پرش به فرود شد که نشان می‌دهد کاهش نیروی برشی قدامی و افزایش زاویه فلکشن ران و زانو افزایش قدرت اندام تحتانی به‌تنهایی برای تغییر کینماتیک اندام تحتانی در ورزشکاران زن کافی نیست، اما ممکن است تأثیری مکمل را برای سایر روش‌های

[1] Harmoknee

بازخوردی در توسعه استراتژی پرش–فرود که ممکن است خطر را بهبود بخشد، فراهم کند که با نتایج این تحقیق هم‌راستا است. یادگیری حرکتی و اصلاح الگوهای نادرست، دستیابی نسبتاً دائمی از مهارت‌های حرکتی است، گرچه مهارت‌های حرکتی در نوع و پیچیدگی مختلف هستند، فرآیند یادگیری حرکتی در افراد مشابه است. فیتس و پوسنر سه مرحله را برای یادگیری حرکتی پیشنهاد کردند: مرحله شناختی، ارتباطی و مرحله خودکار. مرحله شناختی مرحله‌ای ضروری است که یادگیرنده هر مهارت جدید را آگاهانه و گام‌به‌گام تجربه می‌کند و به مرحله خودکار می‌رسد. مرحله ارتباطی، مرحله‌ای است که یادگیرنده در یکی از الگوهای حرکتی پایه نسبت به سایر حرکات و جنبه‌های دیگر توجه و مهارت بیشتری دست پیدا کرده و بعد از تمرینات فراوان در دو مرحله‌ی پیشین به مرحله‌ی خودکار می‌رسد، در این مرحله است که فرد به توجه زیاد نیاز ندارد.[۲۶، ۲۷] در طول سال‌های گذشته، تحقیقات در مورد یادگیری حرکت نشان می‌دهد که تمرکز بیرونی باعث سرعت در فرآیند یادگیری می‌شود و همچنین موجب تسهیل در خودکار بودن حرکات می‌گردد و همچنین الگوهای حرکتی مؤثر و کارآمد را تولید و تقویت می‌کند.[۲۳] در تحقیق حاضر احتمال می‌رود که با گذشت هشت هفته، آزمودنی‌ها به مرحله خودکار برسند و با آموزش و آگاهی از موقعیت‌های خطرزا، مکانیسم آسیب ACL کاهش یابد. در این میان اریکسون و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیق خود با روش تمرینی بازخورد آنی و غیرآنی بر روی افراد مستعد آسیب به این نتیجه رسیدند که در دو گروه بازخوردی، یکی بازخورد پس از اتمام تمرین و دیگری بازخورد حین انجام تمرین و همچنین بعد از اتمام تمرین، نیروی عمودی عکس‌العمل زمین کاهش یافت و همچنین به یک میزان باعث افزایش در فلکشن زانو در لحظه فرود شد و زاویه فلکشن ران نیز افزایش پیدا کرد، ولی در هیچ‌کدام از گروه‌ها تغییری در زاویه ابداکشن مشاهده نشد. نتایج این تحقیق، تأثیر مثبت بازخورد بر بهبود فرود را نشان داد.[۱] خالقی‌پناه و همکاران (۱۳۹۴) نشان دادند که تأثیر شش هفته تمرین راه رفتن با تکنیک پا به سمت داخل باعث ارتقای قابل ملاحظه‌ی عملکرد در اندام آسیب‌دیده شده است. ارتقای عملکرد با انجام آزمون لی‌لی سنجیده شد، زیرا کاربرد وسیعی در سنجش عملکرد زانوی افراد دارای آسیب ACL دارد.[۲۸] از جمله آن‌ها می‌توان به تحقیق ایتزن و همکاران (۲۰۱۵) اشاره کرد که به مدت پنج هفته برنامه تمرین‌درمانی پیش‌رونده که شامل تمرینات قدرتی استقامتی و عصبی–عضلانی بود، موجب بهبود چشمگیری در آسیب ACL و عملکرد زانوی افراد آسیب‌دیده شد.[۲۹] دونالد (۲۰۰۶) نشان داد ترکیب آموزش‌های عصبی–عضلانی مانند تمرینات پلایومتریک و تعادل با تکنیک مناسب و هماهنگ‌سازی زانو در برنامه‌های آموزشی سنتی مثل مقاومت، سرعت و استقامت باعث کاهش قابل توجهی در میزان آسیب ACL می‌شود و توانایی عملکردی ورزشکار را بهبود می‌دهد. بنجامینز و همکاران (۲۰۱۵) مطالعه‌ای در مورد استراتژی‌های یادگیری حرکتی در بازیکنان بسکتبال و کاربرد آن در پیشگیری از آسیب ACL انجام دادند؛ در این تحقیق ۹۰ ورزشکار مرد و زن بسکتبالیست ماهر در سه جلسه تمرینی مانور برشی گام به طرفین را انجام دادند. ورزشکاران به سه گروه بصری، کلامی و گروه کنترل تقسیم شدند. کینتیک و کینماتیک زمان گشتاور اوج زانو در صفحه‌ی فرونتال جمع‌آوری شد. نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که نمونه‌های مرد به‌طور واضحی از فیدبک‌های بصری بهره می‌برند. زنان هم به روش‌های فیدبکی مختلفی نیاز دارند تا یک الگوی حرکتی صحیح را یاد بگیرند و اولویت‌های یادگیری خاص جنسیتی باید در تمرین روزانه در نظر گرفته شود. اضافه کردن دستورالعمل ویدیویی یا فیدبکی در جلسات تمرینی منظم در زمان یاد دادن الگوهای حرکتی ایمن به ورزشکاران و فراهم کردن فیدبک‌های فردی می‌تواند نتایج بلندمدت زیر بهینه و همچنین بهینه ساختن برنامه‌های پیشگیری از آسیب ACL باشد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که برنامه‌های آموزشی عصبی–عضلانی، به‌طور قابل توجهی باعث کاهش بروز آسیب شدید ACL در ورزشکاران زن شد.[۳۰] بلک‌برن و همکاران (۲۰۰۸) به "بررسی تأثیر فلکشن تنه بر کینماتیک زانو و ران در مانور فرود" پرداختند. آن‌ها فرض کرده بودند که فلکشن بیش از حد تنه در حین فرود منجر به فلکشن بیشتر در مفاصل زانو و ران شده و والگوس زانو را کاهش می‌دهد. در این تحقیق ۴۰ آزمودنی در دو حالت فرود از ارتفاع مورد ارزیابی قرار گرفتند. در وضعیت اول فرد به حالت طبیعی فرود می‌آمد و در حالت دوم به فرد آموزش داده شده بود که با فلکشن بیشتر تنه فرود بیاید. نتایج تحقیق نشان داد که فلکشن بیشتر تنه (۴۷ درجه) باعث افزایش زاویه‌ی فلکشن زانو و ران می‌شود که نشان‌دهنده تأثیر مثبت بازخورد بر عملکرد آزمودنی‌ها است؛ بنابراین نتیجه گرفته می‌شود که فرود با فلکشن تنه‌ی کاهش‌یافته باعث کاهش زاویه‌ی فلکشن زانو و ران شده و فرد را در معرض خطر آسیب‌دیدگی ACL قرار می‌دهد[۳۱] که با تحقیق حاضر هم‌راستا است. با توجه به نتایج تحقیقات گذشته‌ی برنامه‌های پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی، استراتژی که بتواند فرآیند یادگیری مهارت افراد در معرض خطر آسیب را تسهیل، حفظ و تقویت کند، وجود ندارد. همچنین برنامه‌های گذشته پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی در کوتاه‌مدت وقوع آسیب لیگامان صلیبی قدامی را کاهش می‌دادند؛ لذا نیاز است برنامه‌های پیشگیرانه‌ای ارائه شود تا علاوه بر اینکه وقوع آسیب را در کوتاه‌مدت کاهش دهد بلکه در پیشگیری از آسیب ACL در طولانی‌مدت اثربخش باشد و همچنین در هر سه فاکتور تعادل، حس عمقی و عملکرد در برگیرد.

از محدودیت‌های تحقیق حاضر می‌توان به عدم نظارت بر تمرینات و فعالیت‌های ورزشی آزمودنی‌ها در خارج از زمان تمرینات اشاره کرد که ممکن است بر نتایج فاکتورهای به‌دست‌آمده تأثیرگذار بوده باشد، غیرقابل‌کنترل بودن انگیزه‌ی آزمودنی‌ها برای اجرای درست و کامل تمرینات و همچنین محدود بودن تعداد افراد و دامنه سنی کم آزمودنی‌ها بود و نتایج این تحقیق به علت در دسترس نبودن ابزارهای

مدرن‌تر بازخوردهای آنی مانند Videotape می‌توانست دقیق‌تر باشد و همچنین اثرگذار بودن تمرینات نیز در طولانی‌مدت مورد بررسی قرار نگرفت. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده تأثیر تمرینات اصلاح الگوی حرکتی بر کینماتیک و فعالیت عضلات درگیر به‌طور جداگانه در فعالیت‌های خطرزا که افراد را در معرض آسیب ACL قرار می‌دهد، بررسی شود و تأثیر تمرینات اصلاح الگوی حرکتی بر پای غالب و غیرغالب مقایسه شود و همچنین شیوه‌های پیشرفته‌تر و مؤثرتری برای بازخورد دادن به افراد به کار گرفته شود.

## نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که هشت هفته تمرین فیدبکی باعث تأثیر مثبت بر حس عمقی، تعادل و عملکرد افراد مستعد آسیب ACL می‌شود. با توجه به اینکه نقص در حس عمقی و تعادل منجر به افزایش خطر آسیب‌دیدگی می‌شود و تمرینات فیدبکی موجب تغییرات مثبتی در اصلاح این متغیرها شده است، لذا اثربخشی تمرینات فیدبکی بر متغیرهای ذکرشده می‌تواند به‌عنوان یک یافته مهم در حیطه پیشگیری از آسیب ACL در نظر گرفته شود. همچنین تمرینات فیدبکی با تمرکز خارجی توجه باعث بهبود عملکرد حرکتی آزمودنی‌ها در تحقیق حاضر شد؛ بنابراین به مربیان و ورزشکاران پیشنهاد می‌شود به منظور پیشگیری از آسیب ACL و افزایش عملکرد ورزشکاران از تمرینات فیدبکی در طول جلسات تمرینی بهره‌مند شوند.

## تشکر و قدردانی

با سپاس از همکاران تحقیق حاضر که ما را در انجام آن یاری نمودند و همچنین از شرکت‌کنندگان این تحقیق نیز به جهت همکاری تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

## منابع

1. Ericksen HM, Thomas AC, Gribble PA, Doebel SC, Pietrosimone BG. Immediate effects of real-time feedback on jump-landing kinematics. J Orthop Sports Phys Ther. 2015;45(2):112-8.
2. Fischer DV. Neuromuscular training to prevent anterior cruciate ligament injury in the female athlete. Strength andconditioning journal. 2006;28(5):44.
3. Mandelbaum BR, Silvers HJ, Watanabe DS, Knarr JF, Thomas SD, Griffin LY, et al. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes. The American journal of sports medicine. 2005;33(7):1003-10.
4. Olsen O-E, Myklebust G, Engebretsen L, Holme I, Bahr R. Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomised controlled trial. Bmj. 2005;330(7489):449.
5. Greska EK, Nelson Cortes D, Van Lunen BL, Oñate JA. A feedback inclusive neuromuscular training program alters frontal plane kinematics. Journal of strength and conditioning research. 2012;26(6):1609.
6. Michaelidis M, Koumantakis GA. Effects of knee injury primary prevention programs on anterior cruciate ligament injury rates in female athletes in different sports: a systematic review. Physical Therapy in Sport. 2014;15(3):200-10.
7. Benjaminse A, Gokeler A, Dowling AV, Faigenbaum A, Ford KR, Hewett TE, et al. Optimization of the anterior cruciate ligament injury prevention paradigm: novel feedback techniques to enhance motor learning and reduce injury risk. journal of orthopaedic & sports physical therapy. 2015;45(3):170-82.
8. Dowling AV, Favre J, Andriacchi TP. Inertial sensor-based feedback can reduce key risk metrics for anterior cruciate ligament injury during jump landings. The American journal of sports medicine. 2012;40(5):1075-83.
9. Gokeler A, Benjaminse A, Hewett TE, Paterno MV, Ford KR, Otten E, et al. Feedback techniques to target functional deficits following anterior cruciate ligament reconstruction: implications for motor control and reduction of second injury risk. Sports medicine. 2013;43(11):1065-74.
10. Baldon RM, Lobato D, Carvalho LP, Wun P, Santiago P, Serrao FV. Effect of functional stabilization training on lower limb biomechanics in women. Med Sci Sports Exerc. 2012,44(1):135_145.
11. Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Tuck jump assessment for reducing anterior cruciate ligament injury risk. Athletic Therapy Today. 2008;13(5):39-44.
12. Li L, Ji ZQ, Li YX, Liu WT. Correlation study of knee joint proprioception test results using common test methods. Journal of physical therapy science. 2016;28(2):478-82.
13. Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review. Journal of athletic training. 2012;47(3):339-57.
14. Sheikhhasani S, Rajabi R, Minoonejad H. The effect of core muscle fatigue on measurements of lower extremity functional performance in male athletes. J Res Rehabilitation Science 2013; 9(4): 668-682
15. Williams D, Heidloff D, Haglage E, Schumacher K, Cole BJ, Campbell KA. Anterior Cruciate Ligament Functional Sports Asssessment. Operative Techniques in Sports Medicine. 2016;24(1):59-64.
16. Myer GD, Ford KR, Brent JL, Hewett TE. Differential neuromuscular training effects onACL injury riskfactors in" high-risk" versus" low-risk" athletes. BMC musculoskeletal disorders. 2007;8(1):39.

17. Hrysomallis C. Relationship between balance ability, training and sports injury risk. Sports Medicine. 2007;37(6):547-56.
18. Holm I, Fosdahl MA, Friis A ,Risberg MA, Myklebust G, Steen H. Effect of neuromuscular training on proprioception, balance, muscle strength, and lower limb function in female team handball players. Clinical Journal of Sport Medicine. 2004;14(2):88-94.
19. Barendrecht M, Lezeman HC, Duysens J, Smits-Engelsman BC. Neuromuscular training improves knee kinematics, in particular in valgus aligned adolescent team handball players of both sexes. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2011;25(3):575-84.
20. Panics G, Tallay A, Pavlik A, Berkes I. Effect of proprioception training on knee joint position sense in female team handball players. British journal of sports medicine. 2008;42(6):472-6.
21. Rostamihajiabadi M, Rahnama N, Pazira P, Babmaichi E. study of muscle torque, proprioceptive and range of motion after reconstraction anterior cruciate ligament. sport medicine. 2014;6(1):19-31.
22. Daneshjoo A, Mokhtar AH, Rahnama N, Yusof A. The effects of comprehensive warm-up programs on proprioception, static and dynamic balance on male soccer players. PloS one. 2012;7(12)51568.
23. Wulf G. Attentional focus and motor learning: a review of 15 years. International Review of Sport and Exercise Psychology. 2013;6(1):77-104.
24. Gilchrist J, Mandelbaum BR, Melancon H, Ryan GW, Silvers HJ, Griffin LY, et al. A randomizedcontrolled trial to prevent noncontact anterior cruciate ligament injury in female collegiate soccer players. The American journal of sports medicine. 2008;36(8):1476-83.
25. Myer GD, Ford KR, McLean SG, Hewett TE. The effects of plyometric versus dynamicstabilization and balance training on lower extremity biomechanics. The American journal of sports medicine. 2006;34(3):445-55.
26. Fitts PM, Posner MI. Human performance. 1967.
27. Zachry T, Wulf G, Mercer J, Bezodis N. Increased movement accuracy and reduced EMG activity as the result of adopting an external focus of attention. Brain Research Bulletin. 2005;67(4):304-9.
28. KHaleghipanah M, Sarafzade J, Rezaeian Z. the effect of six weeks home based toe in walking exercise on single leg hop test and figure of eight test records in subjects with anterior cruciate ligament injury. 2015;11(2):98-108
29. EItzEn I, Moksnes H, Snyder-Mackler L, Risberg MA. A progressive 5-week exercise therapy program leads to significant improvement in knee function early after anterior cruciate ligament injury. journal of orthopaedic & sports physical therapy. 2010;40(11):705-21.
30. Benjaminse A, Otten B, Gokeler A, Diercks RL, Lemmink KA. Motor learning strategies in basketball players and its implications for ACL injury prevention: a randomized controlled trial. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2017;25(8):2365-76.
31. Blackburn JT, Padua DA. Influence of trunk flexion on hip and knee joint kinematics during a controlled drop landing. Clinical Biomechanics. 2008;23(3):313-9.
32. Salsich GB, Graci V, Maxam DE. The effects of movement pattern modification on lower extremity kinematics and pain in women with patellofemoral pain. journal of orthopaedic & sports physical therapy. 2012 Dec;42(12):1017-24.
33. Noyes FR, Barber-Westin SD, Fleckenstein C, Walsh C, West J. The drop-jump screening test: difference in lower limb control by gender and effect of neuromuscular training in female athletes. Am J Sports Med. 2005;33(2):197–207.
34. Barber-Westin SD, Noyes FR, Galloway M. Jump-land characteristics and muscle strength development in young athletes: a gender comparison of 1140 athletes 9 to 17 years of age. Am J Sports Med. 2006;34(3):375–384.
35. Ford KR, Nguyen A-D, Dischiavi SL, Hegedus EJ, Zuk EF, Taylor JB. An evidence-based review of hip-focused neuromuscular exercise interventions to address dynamic lower extremity valgus. Open access J Sport Med. 2015;6:291.
36. Benjaminse A, Otten B, Gokeler A, Diercks RL, Lemmink KA. Motor learning strategies in basketball players and its implications for ACL injury prevention: a randomized controlled trial. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2017 Aug 1;25(8):2365-76.
37. Gokeler A, Benjaminse A, Hewett TE, Paterno MV, Ford KR, Otten E, Myer GD. Feedback techniques to target functional deficits following anterior cruciate ligament reconstruction: implications for motor control and reduction of second injury risk. Sports medicine. 2013 Nov 1;43(11):1065-74.