

Research Paper



The Effect of Acute Focus of Attention Instructions on Biomechanical Indexes Associated With Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention

Nazanin Dalvandpour<sup>1</sup> , \*Mostafa Zarei<sup>1</sup>

1. Department of Health and Sport Rehabilitation, Faculty of Sport Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.



**Citation** Dalvandpour N, Zarei M. [The Effect of Acute Focus of Attention Instructions on Biomechanical Indexes Associated With Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2024; 13(2):336-349. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.2.3053>

<https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.2.3053>

**ABSTRACT**

**Background and Aims** Anterior cruciate ligament (ACL) injury is one of the most common and serious injuries of the knee joint, which accounts for 80% of all knee ligament surgeries. Studies have shown that a significant percentage of this injury (70%) occurs in a non-contact form, usually during activities like deceleration, landing, or side cutting. Studies have shown that focus instructions could improve and promote performance. This study aimed to investigate the acute effect of focus instructions on biomechanical indexes associated with ACL injury prevention.

**Methods** In this research, 24 young football players from the two clubs of the Tehran Premier League, Tehran City, Iran, were randomly divided into two groups: external focus attention (n=12) and internal focus attention (n=12). First, the dynamic postural stability index (DPSI), the peak of vertical, anteroposterior, and mediolateral GRF components, and the rate of loading during the jump-landing movement from a box with 30 cm height were calculated using a force plate with a sampling frequency of 1000 Hz. Then, the internal and external focus instructions were taught to the participants, and the two groups performed a post-test to examine the changes. Statistical methods of repeated measures analysis of variance and paired t test were used to evaluate the changes.

**Results** The results showed significant changes in the vertical component and rate of loading variables in both groups of internal and external focus attention ( $P \leq 0.05$ ). However, no significant difference was observed between the two groups in the DPSI, anteroposterior and mediolateral GRF.

**Conclusion** The results of this study showed that acute instructions of both internal and external focus attention can improve landing mechanics and landing-related kinetic variables. It seems that the external focus instructions have increased the motor control of the limb, leading to a further reduction of vertical GRF and the load applied to the lower limb compared to the instructions of internal focus, thus reducing the risk of ACL injury.

**Keywords** Anterior cruciate ligament (ACL), Injury, Attention focus, Kinetics

Received: 09 May 2022

Accepted: 30 May 2022

Available Online: 21 May 2024

\* Corresponding Author:

Mostafa Zarei, PhD.

Address: Department of Health and Sport Rehabilitation, Faculty of Sport Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

Tel: +98 (21) 29905826

E-Mail: [m\\_zareei@sbu.ac.ir](mailto:m_zareei@sbu.ac.ir)



Copyright © 2024 The Author(s).  
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

## Extended Abstract

# K

## Introduction

nee injuries, particularly anterior cruciate ligament (ACL), are common in a wide range of activities (competitive or non-competitive). ACL injury is relatively common in sports, especially in sports activities that include acceleration-deceleration movements, changes of direction, jumping, and landing. In the United States alone, between 200000 and 350000 ACL injuries are reported annually. The studies show that 70% of ACL injuries are non-contact. The magnitude and pattern of ground reaction force (GRF), dynamic postural stability index (DPSI), as well as time to stability (TTS) during landing, are among the kinetic factors associated with mechanical stress on the ACL and may increase the risk of ACL injuries. Training programs for ACL injury prevention typically rely on simple verbal instructions to guide an athlete's technique. Verbal instructions can promote either an internal or external attentional focus. Internal focus (IF) instructions direct the learner to focus on one aspect of their movement (eg, the position/motion of the knees during landing). In contrast, external focus (EF) instructions direct the learner to focus on the effects of their movement (eg, the sound produced during landing). Clinicians typically appear to use instructions that promote an IF. However, an EF has resulted in superior performance for various movement tasks. Studies in the context of focus of attention instructions have not yet examined the acute effect of instructions on biomechanical parameters of ACL injury prevention, so this study aimed to investigate the acute effect of focus attention instructions on biomechanical indexes associated with ACL injury prevention.

## Materials and Methods

In this research, 24 male soccer players from two clubs of the Tehran Premier League, Tehran City, Iran, participated. Membership in one of the clubs of Tehran Premier League, age range between 17 and 19 years, no history of lower limb surgery, and no history of knee ligament injuries were inclusion criteria. In the pre-test, the participants performed a bare-foot jump-landing task from a box with 30 cm height on the force plate, recording ground reaction force (GRF) with a sampling frequency of 1000 Hz. Each player's three correct landings were considered for further analysis. Then, the internal and external focus instructions were taught to the participants, and the two groups performed a post-test to examine the changes. Ground reaction force data were low-pass filtered at a cut-off frequency of 50 Hz using a zero-lag fourth-order

Butterworth filter. Vertical, anteroposterior, and mediolateral GRF peak variables were extracted directly from the force plate data and normalized to the mass of the players. The variables of the rate of loading (ROL) and TTS in three vertical, anterior-posterior, and mediolateral directions were calculated using ground reaction force data. All variables were averaged over 3 landing trials, and the mean results were entered for statistical analysis.

To evaluate the effects of within-group, a paired t test was used, and to evaluate the interactive effect of time by group, an analysis of variance with repeated measures was used.

## Results

The results showed significant changes in the vertical GRF and ROL variables in both internal and external focus attention ( $P \leq 0.05$ ). No significant difference was observed between the two groups in the DPSI, anteroposterior, and mediolateral GRF. Due to the significant effect of time by group interaction effect for vertical GRF peak and ROL variables, the independent t test was used to compare the means of groups in the pre-test and post-test. Also, the paired t test results showed a significant decrease in vertical GRF peak and ROL variables for both external ( $P=0.001$ ,  $P=0.001$ , respectively) and internal ( $P=0.020$ ,  $P=0.047$ , respectively) focus groups in the post-test compared to the pre-test.

## Conclusions

This study showed that external and internal focus instructions can improve landing mechanics and indicators related to anterior cruciate ligament injury during landing. It seems that external focus instructions, compared to internal focus instructions, can further reduce the vertical force and loading applied to the lower limb by increasing the control of limb movement, thus reducing the risk of ACL injury. Therefore, this study's researchers suggest that sports coaches use attention-focused instructions, especially the external focus, in their training sessions.

## Ethical Considerations

### Compliance with ethical guidelines

All ethical considerations were considered in accordance with the instructions of the Ethics Committee. Ethical approval was obtained from the Ethics Committee of the Sports Science Research Center (code: IR.SSRC.REC.1398.119).

### **Funding**

This research did not receive any grant from funding agencies in the public, commercial, or non-profit sectors.

### **Authors' contributions**

The authors equally contributed to preparing this article.

### **Conflict of interest**

The authors have no conflicts of interest.

### **Acknowledgments**

The authors thank all participating players involved in this study.



مقاله پژوهشی

تأثیر آنی دستورالعمل‌های کانون توجه بر شاخص‌های بیومکانیکی مرتبط با پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی

نازنین دالوندپور<sup>۱</sup>، \*مصطفی زارعی<sup>۱</sup>

۱. گروه تندرستی و بازتوانی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

Use your device to scan and read the article online



**Citation** Dalvandpour N, Zarei M. [The Effect of Acute Focus of Attention Instructions on Biomechanical Indexes Associated With Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2024; 13(2):336-349. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.2.3053>

**doi** <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.2.3053>

چکیده

**مقدمه و اهداف:** آسیب لیگامنت متقاطع قدامی یکی از رایج‌ترین و جدی‌ترین آسیب‌های مفصل زانو می‌باشد که حدود ۸۰ درصد از کل جراحی‌های انجام‌شده بر لیگامنت‌های زانو را به خود اختصاص داده است. مطالعات نشان داده‌اند درصد قابل توجهی از این آسیب (۷۰ درصد) به صورت غیربرخوردی و معمولاً حین اعمالی همچون کاهش شتاب، فرود و مانورهای برشی رخ می‌دهند. براساس مطالعات، دستورات کانون توجه موجب بهبود و ارتقای عملکرد می‌شود. هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثر آنی دستورالعمل‌های کانون توجه بر شاخص‌های بیومکانیکی مرتبط با پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی بود.

**مواد و روش‌ها:** در این پژوهش ۲۴ بازیکن جوان فوتبال از دو باشگاه لیگ برتر تهران به‌طور تصادفی به دو گروه کانون توجه بیرونی (۱۲ نفر)، کانون توجه درونی (۱۲ نفر) تقسیم شدند. ابتدا، پایداری پاسچر پویا، پیک مؤلفه عمودی، قدامی-خلفی و داخلی-خارجی نیروی عکس‌العمل زمین و نرخ بارگذاری از داده‌های نیروی عکس‌العمل زمین که طی مهارت پرش فرود از روی سکوی ۳۰ سانتی‌متری با استفاده از صفحه نیرو با فرکانس نمونه‌برداری ۱۰۰۰ هرتز ثبت شده بود، محاسبه گردید. سپس دستورالعمل‌های درونی و بیرونی کانون توجه به شرکت‌کنندگان آموزش داده شد و مجدداً دو گروه جهت بررسی تغییرات مورد آزمون قرار گرفتند. از روش‌های آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر و آزمون تی زوجی جهت ارزیابی تغییرات استفاده شد.

**یافته‌ها:** نتایج تغییرات معنی‌داری را در مؤلفه‌های نیروی عمودی و نرخ بارگذاری را در دو گروه کانون توجه درونی و بیرونی نشان داد ( $P < 0.05$ )، اما در ثبات پاسچر داینامیک، نیروی داخلی-خارجی و نیروی قدامی-خلفی عکس‌العمل زمین تفاوت معنی‌دار بین دو گروه مشاهده نشد.

**نتیجه‌گیری:** نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهند دستورالعمل‌های آنی کانون توجه بیرونی و درونی هر دو می‌توانند باعث بهبود مکانیک فرود و متغیرهای کینتیکی مرتبط با فرود شوند. به نظر می‌رسد دستورالعمل کانون توجه بیرونی توانسته است با تأثیر بر افزایش کنترل حرکتی اندام، به کاهش بیشتر نیروی عمودی و میزان بار واردشده به اندام تحتانی و در نتیجه کاهش خطر آسیب رباط صلیبی قدامی منجر شود.

**کلیدواژه‌ها:** رباط صلیبی قدامی (ACL)، آسیب، کانون توجه، کینتیک

تاریخ دریافت: ۱۹ اردیبهشت ۱۴۰۱

تاریخ پذیرش: ۰۹ خرداد ۱۴۰۱

تاریخ انتشار: ۰۱ خرداد ۱۴۰۲

\* نویسنده مسئول:

دکتر مصطفی زارعی

نشانی: تهران، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، گروه تندرستی و بازتوانی ورزشی.

تلفن: ۰۹۸ (۲۱) ۲۹۹۰۵۸۲۶

رایانامه: [m\\_zareei@sbu.ac.ir](mailto:m_zareei@sbu.ac.ir)



Copyright © 2024 The Author(s);

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

## مقدمه

پرش فرود یکی از پرتکرارترین حرکات ورزشی می‌باشد که در رشته‌های ورزشی مختلف از جمله بسکتبال والیبال، فوتبال و ژیمناستیک استفاده می‌شود [۹]. زانو تا حد زیادی مسئول تضعیف انرژی اندام تحتانی هنگام فرود آمدن از یک پرش است، بنابراین این مفصل ممکن است در طول چنین کاری حساسیت به آسیب را افزایش دهد. عمل پرش و فرود در طول فعالیت‌های مختلف ورزشی شامل مقادیر متفاوتی از نیروهای واکنشی زمین<sup>۲</sup> و بارهای وارده بر اندام تحتانی<sup>۳</sup> می‌باشد [۱۰]. نتایج مطالعات این حوزه یک همبستگی متوسط مثبت بین افزایش GRF عمودی و افزایش شتاب قدامی تیپا هنگام فرود را نشان می‌دهند. بنابراین فرود با بارهای ضربه‌ای بیشتر احتمال آسیب رباط صلیبی قدامی را افزایش می‌دهد. مطالعات نشان می‌دهد طی حرکت پرش فرود، هنگامی که زانو بین (۰) تا (۲۵) درجه فلکشن است، مقدار GRF به اوج می‌رسد [۱۱]. این میزان همان محدوده‌ای است که زانو باید در برابر تغییر سریع انرژی جنبشی مقاومت کند. GRF بیش از حد ممکن است به آسیب اندام تحتانی به‌ویژه مفصل زانو و رباط صلیبی قدامی منجر شود [۱۲، ۱۳].

ورزشکارانی که از آسیب غیربرخوردی رباط صلیبی قدامی رنج می‌برند، معمولاً شاخص‌های بیومکانیکی مشترکی، از جمله فرودهایی با مقادیر زیاد GRF و فلکشن کم زانو دارند [۱۴]. همچنین مطالعات آینده‌نگر نشان می‌دهد ورزشکارانی که دچار آسیب غیربرخوردی رباط صلیبی قدامی می‌شوند، در مقایسه با ورزشکارانی که آسیب ندیده‌اند، نیروهای واکنش عمودی زمین (VGRF) بیشتر و فلکشن زانو کمتری در هنگام فرود نشان می‌دهند [۱۵، ۱۶]. یکی دیگر از عوامل مؤثر در بروز آسیب، میزان نیروهای وارده به مفاصل اندام تحتانی است. نیروهای فرود یا میزان بار، معیاری در جهت میزان فشار وارد بر بافت‌ها است و افزایش و تکرار نیروهای برخوردی در ورزش‌های دارای پرش - فرود مکرر، احتمال بروز آسیب بافت‌های نرم اطراف مفصل را افزایش می‌دهد [۱۷]. عواملی که در بزرگی میزان بار اثرگذارند شامل ارتفاع فرود، سرعت حرکت، نوع کفش، موقعیت و سطح فرود، وزن بدن و نیز استراتژی فرود است [۱۷].

علاوه‌براین، مدل‌سازی اسکلتی-عضلانی نشان داده است فرودهای سفت‌تر ممکن است بارهای بیشتری را بر روی مفاصل اندام تحتانی به‌ویژه مفصل زانو وارد کند [۱۸]. از طرفی کنترل پاسچر و تعادل پویا نیز یکی از متغیرهای ضروری جهت عملکرد مطلوب در فعالیت‌های روزانه و فعالیت‌های ورزشی مانند حرکات پرش/فرود می‌باشد [۱۹]. ضعف در ثبات دینامیک از دیگر عوامل خطر برای رباط‌های زانو از جمله رباط صلیبی قدامی به شمار می‌رود. از این رو آموزش ورزشکاران برای بهبود تکنیک فرود و جلوگیری از فرودهای سفت اغلب به‌عنوان بخشی از

آسیب‌های زانو و به‌طور خاص آسیب‌های رباط صلیبی قدامی<sup>۱</sup> در طیف گسترده‌ای از فعالیت‌ها (رقابتی یا غیررقابتی) و به‌ویژه در فعالیت‌هایی که شامل حرکات کاهش یا افزایش شتاب، تغییر جهت، پرش و فرود می‌شوند، شایع است [۱، ۲]. رباط صلیبی قدامی با محدود کردن انتقال قدامی نیروهای درشت‌نی و چرخشی در مفصل تیبیوفمورال، نقش مهمی در تثبیت زانو ایفا می‌کند. اگرچه میزان واقعی بروز این آسیب به‌طور دقیق قابل‌شناسایی نیست، اما می‌توان مقدار تقریبی آن را از طریق عمل‌های جراحی و توانبخشی‌های ثبت‌شده تخمین زد. این موارد تنها در ایالات متحده آمریکا سالانه بین ۲۰۰۰۰ تا ۳۵۰۰۰ گزارش شده است [۳] که هزینه آن بیش از ۱۳۰۰۰ دلار برای هر عمل جراحی می‌باشد. علاوه‌بر جوانب مالی ناشی از این آسیب، پیامدهای جسمی و روانی کوتاه‌مدت آسیب رباط صلیبی قدامی قابل توجه است. ورزشکاران با محدودیت در زندگی روزمره، افت عملکرد و محدودیت در مشارکت ورزشی مواجه می‌شوند. آسیب‌های رباط صلیبی قدامی همچنین با عواقب بالینی طولانی‌مدتی همراه است که شامل پارگی منیسک، ضایعات غضروفی، افزایش خطر شروع زودرس استئوآرتریت، توانبخش طولانی‌مدت و افزایش احتمال وقوع آسیب مجدد می‌باشد [۴-۶]. همچنین میزان وقوع مجدد این آسیب برای ورزشکاران جوانی که به ورزش‌های رقابتی (همراه با فعالیت‌های پرشی و برش) بازگشته‌اند، ۲۳ درصد گزارش شده است، به‌ویژه اگر بازگشت زود هنگامی داشته و دوره توانبخشی را به‌طور کامل سپری نکرده باشند [۷].

هر ساله چندین هزار توانبخشی و جراحی رباط صلیبی قدامی به دنبال یک آسیب ورزشی در جهان انجام می‌شود. مکانیسم غیربرخوردی این آسیب، شایع‌ترین (۷۰ تا ۷۵ درصد) علت وقوع آن در تمرینات و مسابقات ورزشی می‌باشد. چندین عامل خطر برای توضیح آسیب‌های رباط صلیبی قدامی غیربرخوردی شناسایی شده است. این عوامل خطر به دو دسته مجزا طبقه‌بندی می‌شوند: عوامل بیرونی یا محیطی (شرایط آب و هوا، سطح بازی، سطح ورزش غیره) و عوامل درونی (عوامل آناتومیک، عصبی-عضلانی، بیومکانیکی، فیزیولوژیکی، روانی و ژنتیکی) [۸]. در این دسته اخیر، برخی از عوامل از جمله عوامل بیومکانیکی قابل تغییر و اصلاح هستند. بنابراین، درک بهتر این عوامل خطر جهت پیشگیری از آسیب غیربرخوردی رباط صلیبی قدامی در طول تمرینات ورزشی ضروری به نظر می‌رسد. از این رو محققان زیادی به تجزیه و تحلیل عوامل مربوط به کینتیک و کینماتیک پرداخته‌اند. این عوامل خطر باید به‌راحتی قابل اندازه‌گیری باشند تا در عمل بالینی مفید باشند.

2. Ground Reaction Forces (GRF)  
3. Rate of loading (ROL)

1. Anterior Cruciate ligament (Acl)

پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی گنجانده می‌شود [۲۰]. در واقع بهینه‌سازی استراتژی‌های فرود ممکن است کلیدی برای جلوگیری از آسیب‌های رباط صلیبی قدامی غیربرخوردی باشد [۲۱].

در حالت ایدئال، برنامه‌های پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی به دلیل آموزش مکانیک صحیح و بهبود الگوهای حرکتی به کاهش بروز آسیب رباط صلیبی قدامی منجر می‌شود. تمرینات حرکتی برای پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی معمولاً بر دستورالعمل‌های شفاهی ساده برای هدایت تکنیک ورزشکار متکی است [۲۲]. دستورالعمل‌های کلامی می‌توانند تمرکز توجه درونی یا بیرونی ورزشکار را تقویت کنند [۲۳]. تأثیر کانون توجه بر اجرا و یادگیری مهارت‌های حرکتی در سال‌های اخیر مورد توجه بسیار قرار گرفته است. پژوهشگران و مربیان بر این باورند که نوع جهت‌دهی کانون توجه افراد می‌تواند بر اجرای آن‌ها تأثیر داشته باشد. در واقع پژوهشگران معتقدند در زمان اجرا، دقت و کیفیت حرکت مجری با کانون توجه وی مرتبط می‌باشد.

در کانون توجه داخلی (IF) فرد توجه خود را به جنبه‌ای از حرکت خود معطوف می‌کند (مثلاً موقعیت/حرکت زانوهای خود در هنگام فرود)، در حالی که در توجه خارجی (EF) فرد به تأثیر یا نتیجه حرکت خود توجه می‌کند (به عنوان مثال صدای تولید شده هنگام فرود). مطالعاتی که در حوزه کانون توجه بر یادگیری مهارت‌ها در افراد با سطوح مهارتی متفاوت، سنین گوناگون و شرایط مختلف انجام شده است، نتایج متناقضی را در یافته‌ها نشان می‌دهد. تفاوت در این دستورالعمل‌ها ظریف به نظر می‌رسد و اکثریت مربیان از دستورالعمل‌های کانون توجه داخلی استفاده می‌کنند، اما مطالعات نشان داده‌اند تمرین با تمرکز بیرونی به عملکرد بهتر، حفظ، انتقال و خودکاری حرکت بیشتر برای طیف وسیعی از وظایف حرکتی منجر می‌شود.

در واقع، یک تفاوت کلیدی از دیدگاه یادگیری حرکتی بین تمرکز داخلی و خارجی کانون توجه این است که تمرکز بیرونی باعث افزایش خودکاری حرکت می‌شود [۲۴]. به این معنی که فرد در مشخصات حرکتی خود محدودیتی ندارد و برای انطباق با محیط در حال تغییر آزادتر است. مطالعات متعددی در دو دهه گذشته هم‌راستا با این نتایج و پژوهش‌ها انجام شده است [۲۵]. عبدلی و همکاران برتری کانون توجه بیرونی را در حفظ تعادل پویا نشان دادند. همچنین مایکل و همکاران این موضوع را در کاهش نیروهای عکس‌العمل زمین خاطر نشان کردند. از سوی دیگر و در تناقض با نتایج این پژوهش‌ها و نظریه‌ها برخی دیگر از مطالعات حوزه یادگیری حرکتی به برتری کانون توجه درونی اشاره می‌کنند [۲۶، ۲۸].

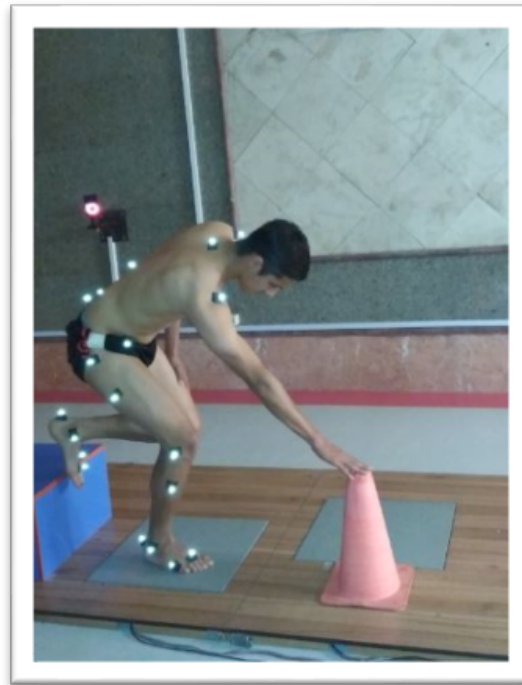
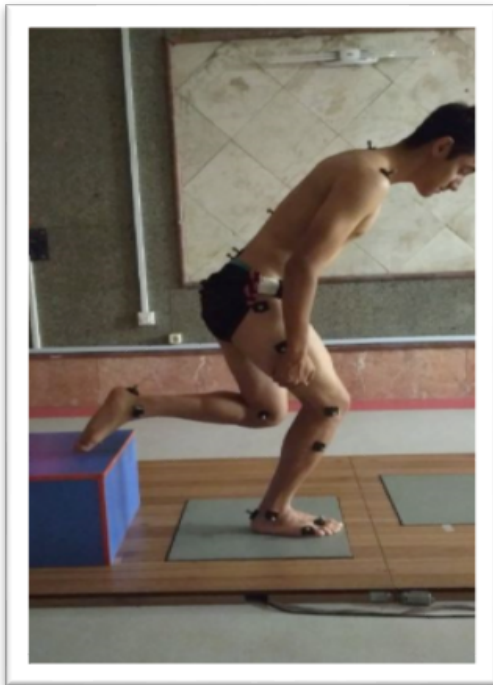
در این راستا بیلوک و همکاران مشاهده کردند بازیکنان مبتدی فوتبال تکلیف درپیل را زمانی که به حرکات پای خود (کانون توجه درونی) توجه می‌کردند بهتر انجام می‌دادند. از

طرفی حجازی و همکاران نیز نشان دادند بین دو گروه کانون توجه درونی و بیرونی در دقت و کینماتیک پرتاب دارت تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. همچنین لوهسه و همکاران به این نتیجه رسیدند که مزایای کانون و توجه بر اجرا (عملکرد) بیشتر است تا یادگیری. با توجه به نتایج متناقض در خصوص تأثیر کانون توجه درونی و بیرونی، نیاز به انجام پژوهش‌های بیشتر، بیش‌ازپیش احساس می‌شود تا تأثیر نوع تمرکز توجه بر عملکرد و دقت اجرا به‌طور دقیق‌تر و تخصصی‌تر مورد بررسی قرار گیرد. مطالعاتی که تاکنون در حوزه دستورالعمل‌های کانون توجه انجام شده‌اند، تأثیر آنی و لحظه‌ای دستورالعمل‌ها را بر شاخص‌های بیومکانیکی مرتبط با پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی مورد بررسی قرار ندادند، بنابراین هدف از این مطالعه بررسی تأثیر آنی دستورالعمل‌های کانون توجه بر شاخص‌های بیومکانیکی مرتبط با پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی می‌باشد. فرضیه ما این بود که دستورالعمل‌های آنی کانون توجه بیرونی باعث بهبود کینتیک فرود و بهبود شاخص‌های بیومکانیکی مرتبط با پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی می‌شود.

### مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از نوع نیمه‌آزمایشی و میدانی بود. جامعه آماری این پژوهش شامل بازیکنان مرد لیگ برتر جوانان فوتبال استان تهران بودند که حجم نمونه از جامعه موردنظر با استفاده از نرم‌افزار جی‌پاور<sup>۴</sup> برای آزمون آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر با در نظر گرفتن توان ۰/۸، سطح معنی‌داری ۰/۰۵ و اندازه اثر بالا [۳۰] برای هر گروه ۱۲ نفر برآورد شد. ۲۴ بازیکن ۱۷ تا ۱۹ سال لیگ برتر فوتبال در این مطالعه شرکت کردند. معیارهای ورود به تحقیق حاضر شامل سن بین ۱۷ تا ۱۹، حداقل ۳ جلسه تمرین منظم در هفته و عدم آسیب‌دیدگی در اندام تحتانی در ۶ ماه گذشته بود. تمامی آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه را قبل از شرکت در تست‌گیری پر کرده بودند.

ابتدا روند اجرای آزمون و کلیات طرح پژوهش برای شرکت‌کنندگان به‌طور کامل شرح داده شد و از آن‌ها خواسته شد قبل از اجرای آزمون فرم رضایت‌نامه و اطلاعات فردی را تکمیل و امضا کنند و به آن‌ها اطمینان داده شد اطلاعات آن‌ها به‌صورت محرمانه خواهد ماند. تمام تست‌گیری‌ها در نوبت صبح انجام شد و به‌منظور از بین بردن اثر یادگیری، روند تست‌گیری بین آزمودنی‌ها کاملاً به‌صورت جداگانه انجام شد، به‌نحوی که در زمان تست یک نفر بقیه شرکت‌کنندگان در آزمایشگاه حضور نداشتند. فرایند کالیبراسیون صفحه نیرو و فضای آزمون دقایقی قبل از ورود شرکت‌کنندگان اجرا شد. پس از ورود شرکت‌کنندگان به آزمایشگاه تعویض لباس را انجام دادند. سپس قد و وزن آزمودنی توسط آزمونگر به‌وسیله ترازو و قدسنج دیجیتال اندازه‌گیری و



تصویر ۱. نحوه انجام تست‌ها

## طب توانبخشی

ابعاد  $50 \times 50$  (cm) و با فرکانس نمونه‌برداری ۱۰۰۰ هرتز ثبت شد. والش و همکاران روایی این دستگاه را برای اندازه‌گیری نیروها در جهت‌های مختلف در آزمون پرش و فرود، عالی ( $r=0.96$ ) گزارش کردند [۳۰].

## آنالیز داده‌ها

داده‌های صفحه نیرو با استفاده از فیلتر پایین گذر باترورث مرتبه ۴ با فرکانس قطع ۵۰ هرتز فیلتر شدند [۳۱]. متغیرهای اوج مؤلفه عمودی، خلفی و داخلی خارجی نیروی عکس‌العمل زمین به‌طور مستقیم از داده‌های صفحه نیرو استخراج شدند. به منظور مقایسه کردن داده‌ها، نیروهای عکس‌العمل زمین نسبت به وزن آزمودنی‌ها نرمال شد. در نهایت از متغیرهای استخراج شده برای سه فرود میانگین گرفته شد. برای محاسبه نرخ بارگذاری از فرمول شماره ۱ استفاده شد [۳۲] و واحد اندازه‌گیری آن نیوتون بر ثانیه در جرم می‌باشد:

1.

$$\text{Loading of rate} = \left[ \frac{\text{peak } F_z(N) / \text{body weight } (N)}{\text{time to peak } F_z} \right] = \frac{N}{S.W}$$

شاخص ثبات پاسچر داینامیک (DPSI) (به‌عنوان یک معیار نسبتاً جدید از ثبات پاسچر داینامیک شناخته می‌شود که تعیین می‌کند با انتقال آزمودنی از حالت پویا به ایستا تعادل چقدر حفظ می‌شود) از داده‌های نیروی عکس‌العمل زمین در ۱۰۰ میلی‌ثانیه اول پس از تماس پا با صفحه نیرو (بعد از اینکه نیروی عمودی

در فرم اطلاعات فردی ثبت شد. آزمودنی به‌مدت ۵ دقیقه گرم کردن به‌وسیله تردمیل و حرکات جنبشی با تأکید بر اندام تحتانی انجام داد. سپس تکلیف پرش فرود با پای برتر از روی سکوی ۳۰ سانتی‌متری که به فاصله ۱۵ سانتی‌متری از صفحه نیرو قرار داده شده بود را اجرا کردند. پای برتر آزمودنی‌ها به‌عنوان پای که با آن به توپ ضربه می‌زنند تعیین شد [۲۹]. شرکت کنندگان اجازه داشتند تا ۳ تلاش تمرینی را انجام دهند و پس از انجام تلاش‌های تمرینی از آن‌ها خواسته شد تا ۳ فرود اصلی را انجام دهند.

پس از انجام پیش‌آزمون، دستورالعمل‌های کانون توجه در اختیار شرکت کنندگان قرار گرفت و نحوه اجرای هر کدام به آن‌ها آموزش داده شد. در تحقیق حاضر حرکت پرش و فرود در دو شرایط مختلف اجرا شد. جهت اعمال کانون توجه خارجی یک مخروط ۵۰ سانتی‌متری در جلوی صفحه نیرو قرار داده شد و از شرکت کنندگان خواسته شد حین فرود با دست خود مخروط را لمس کنند، به‌طوری‌که زانو و ساق پا در یک راستا و موازی با مخروط باشند. همچنین جهت اعمال کانون توجه درونی مخروط کنار گذاشته شد و از شرکت کنندگان خواسته شد حداکثر تلاش خود را به کار گیرند و تمرکزشان را به این نکته معطوف کنند که هنگام فرود زانو و ران خود را خم کنند (تصویر شماره ۱). لغزیدن پای فرود روی صفحه نیرو و تماس پای دیگر با زمین، معیارهای اجرای ناصحیح بودند. ۳ فرود صحیح برای هر آزمودنی مدنظر قرار گرفت. همه فرودها با پای برهنه اجرا شد و اطلاعات کینتیکی با استفاده از صفحه نیرو ساخت کشور آمریکا مدل (AMTI) در

جدول ۱. مقایسه ویژگی‌های پیکرشناسی شرکت‌کنندگان

متغیر	گروه	میانگین ± انحراف معیار
سن (سال)	توجه بیرونی	۱۷/۷±۷
قد (سانتی‌متر)	توجه درونی	۱۷۸/۵±۵
وزن (کیلوگرم)	توجه بیرونی	۶۹/۶±۴/۸
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)	توجه درونی	۲۱/۴±۱/۴

طب توانبخش

به پایداری در مهارت پرش فرود معنی‌دار نشد (جدول شماره ۲). همچنین، نتایج آزمون تی زوجی کاهش معنی‌دار نیروی عمودی عکس‌العمل زمین در گروه کانون توجه خارجی ( $P=0/001$ ) و داخلی ( $P=0/020$ ) و نرخ بارگذاری برای کانون توجه خارجی ( $P=0/001$ ) و داخلی ( $P=0/047$ ) در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون را نشان می‌دهد.

بحث

هدف از این مطالعه بررسی تأثیر آنی دستورالعمل‌های کانون توجه بر شاخص‌های بیومکانیکی مرتبط با پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی بود که با استفاده از اندازه‌گیری نیروهای عکس‌العمل زمین، نرخ بارگذاری نیرو و شاخص پایداری پاسچر پویا انجام شد. براساس یافته‌های این تحقیق، هر دو نوع دستورالعمل (کانون توجه بیرونی و داخلی) به‌طور اتفاق موجب کاهش نرخ بارگذاری و نیروی عمودی عکس‌العمل زمین شده‌اند. یافته‌های این مطالعه با نتایج مطالعات قبلی که نشان داده‌اند دستورالعمل‌های شفاهی ساده می‌تواند اثرات مثبت فوری بر مکانیک فرود ورزشکاران داشته باشد مطابقت دارد [۳۵، ۳۶]. علاوه بر این شرکت‌کنندگان در این مطالعه زمانی که دستورالعمل‌های کانون توجه خارجی را تقویت می‌کنند در مقایسه با شرکت‌کنندگان کانون توجه داخلی، کاهش بیشتری را در نیروی عکس‌العمل زمین و نرخ بارگذاری نشان دادند، بنابراین به نظر می‌رسد ارائه دستورالعمل‌های کانون توجه خارجی موجب تکنیک بهتر و فرود نرم‌تر در مقایسه با دستورالعمل‌های کانون توجه داخلی می‌شود. فرود از جمله حرکات ورزشی است که نیروی برخوردی بین ۲ تا ۱۲ برابر وزن بدن ایجاد می‌کند [۳۷]. افزایش و تکرار نیروهای برخوردی در ورزش‌های دارای پرش-فرود مکرر، احتمال بروز آسیب بافت‌های نرم اطراف مفصل به‌ویژه لیگامنت صلیبی قدامی را افزایش می‌دهند [۱۷].

نرخ بارگذاری نیرو و نیروی عکس‌العمل زمین پارامترهایی هستند که نحوه فرود را از لحاظ میزان شدت توصیف می‌کنند. همچنین مطالعات نشان می‌دهد افزایش در نیروی عکس‌العمل

عکس‌العمل زمین بیشتر از ۲۰ نیوتن شد) از طریق فرمول شماره ۲ محاسبه شد [۳۳]. مقادیر بزرگتر این متغیر نشان‌دهنده سطح پایین‌تر از ثبات پاسچر است [۳۴].

2.

$$DPSI = \left[ \frac{\sqrt{\sum(0-GRF)^2 + \sum(0-GRF)^2 + \sum(Body\ weight-GRF)^2}}{\text{number of data point}} \right]$$

+Body weight

تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده از روش‌های آماری توصیفی و استنباطی استفاده شد. جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها نیز از آزمون شاپیرو ویلک<sup>۵</sup> استفاده شد. برای بررسی اثرات درون گروهی، آزمون تی زوجی<sup>۶</sup> و برای بررسی اثر تعاملی زمان در گروه، آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری<sup>۷</sup> مورد استفاده قرار گرفت. اندازه اثر<sup>۸</sup> ES دی کوهن نیز برای هر یک از متغیرها محاسبه شد. تجزیه و تحلیل اطلاعات در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد و میزان آلفای کوچک‌تر یا مساوی (۰/۰۵) انجام شد. تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌ها

میانگین و انحراف معیار مشخصات جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر با فرض کرویت موجلی نشان داد اثر تعامل زمان×گروه مربوط به حداکثر نیروی عمودی و نرخ بارگذاری نیرو حین مهارت پرش-فرود معنی‌دار بود. این در حالی است که تعامل زمان×گروه مربوط به نیروی قدامی خلفی و داخلی خارجی عکس‌العمل زمین و زمان رسیدن

- 5. Shapiro-Wilk Test
- 6. Paired sample t test
- 7. ANOVA with repeated measure
- 8. Effect Size



جدول ۲. آماره‌های مربوط به نیروی عکس‌العمل زمین، نرخ بارگذاری نیرو و زمان رسیدن به پایداری

متغیر	گروه	میانگین $\pm$ انحراف معیار				F	معنی‌داری	اندازه اثر
		توجه بیرونی		توجه درونی				
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون			
نیروی عمودی (نیوتن)	۲/۷۷۵±۰/۵۰	۲/۹۶۵±۰/۲۵	۲/۶۸۵±۰/۶۶	۲/۴۳±۰/۶۸	۱۰/۵۶۶	۰/۰۰۴*	۰/۳۲۴	
نیروی قدامی-خلفی (نیوتن)	۰/۶۱±۰/۱۰	۰/۴۹±۰/۰۷	۰/۶۰±۰/۰۶	۰/۶۰±۰/۰۹	۰/۰۶۰	۰/۰۸۰	۰/۰۰۳	
نیروی داخلی-خارجی (نیوتن)	۰/۲۴±۰/۰۷	۰/۲۳±۰/۰۵	۰/۲۵±۰/۰۸	۰/۲۵±۰/۰۸	۰/۰۳۰	۰/۱۵۱	۰/۰۰۱	
نرخ بارگذاری (وزن بر ثانیه)	۷۳/۲۵ ± ۱۱۲/۵۵	۴۸/۷۳ ± ۱۴/۲۳	۷۷/۲۹ ± ۱۳/۳۳	۶۶/۱۲ ± ۶۹/۱۴	۴/۳۴۱	۰/۴۹*	۰/۱۶۵	
شاخص رسیدن به پایداری	۰/۳۴±۰/۰۳	۰/۲۸±۰/۰۸	۰/۳۳±۰/۰۳	۰/۲۵±۰/۰۵	۱/۱۶۲	۰/۲۹۳	۰/۰۵۰	

\* به معنای معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد.

### طب توانبخشی

دستگاه حرکتی می‌شود و آن را در قید تصمیم‌گیری‌های مرکزی قرار نمی‌دهد، بنابراین اجراکننده با روانی حرکتی بیشتری به انجام مهارت می‌پردازد که اغلب به الگوی حرکتی بهینه‌تر منجر می‌شود.

هم‌راستا با مطالعه حاضر، توماس و همکاران نشان دادند استفاده‌آنی از دستورالعمل‌های کانون توجه درونی و بیرونی موجب بهبود سفتی فرود در ورزشکاران و کاهش نیروهای عکس‌العمل زمین می‌شود. همچنین در مطالعه آن‌ها شرکت‌کنندگانی که دستورالعمل‌های خارجی را دریافت کرده بودند نسبت به شرکت‌کنندگانی که دستورالعمل داخلی را مورد توجه قرار داده بودند، پیک نیرو و نرخ بارگذاری کمتر و فلکشن ران و زانوی بیشتری نشان دادند [۴۱]. در مطالعه‌ای دیگر تربکیا لی و همکاران نشان دادند دستورالعمل‌های کانون توجه به‌طور مشابه موجب کاهش نیروهای عکس‌العمل زمین در هر دو گروه کانون توجه درونی و بیرونی شدند، اما نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد هنگامی که یک وظیفه شناختی دیگر (دریافت پاس) به حرکت فرود اضافه می‌شود نیروی عکس‌العمل زمین در گروه کانون توجه بیرونی کمتر از گروه کانون توجه درونی است [۴۲].

همچنین ویتالی و همکاران تأثیرات انواع کانون توجه را بر عملکرد دوندگان استقامت بررسی کردند و نتایج تفاوت معنی‌داری را در هیچ‌کدام از گروه‌ها نشان نداد [۴۳]. باین‌حال مطالعاتی وجود دارند که به برتری یکی از دستورالعمل‌های کانون توجه تأکید می‌کنند. قادری و همکاران نشان دادند استفاده از دستورالعمل‌های کانون توجه بیرونی سبب بهبود مکانیک فرود و کاهش نیروی عکس‌العمل زمین شد [۴۴]. گوکلر و همکاران نیز تأثیر دستورالعمل‌های کانون توجه داخلی در مقابل کانون توجه خارجی را بر روی فاصله پرش تک‌پا و کینماتیک فرود را در بیماران پس از بازسازی رباط صلیبی قدامی بررسی کردند و بهبود نتایج بیومکانیکی را برای پاهای آسیب‌دیده پس از دریافت کانون توجه خارجی گزارش کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که استفاده از یک توجه بیرونی در طول توانبخشی بیماران پس از

زمین موجب افزایش در نرخ بارگذاری می‌شود و این دو متغیر رابطه مستقیمی با یکدیگر دارند [۳۸، ۳۲] که نتایج این پژوهش هم صحت این موضوع را تأیید می‌کند.

کلید پیشگیری از آسیب، شناخت عوامل مؤثر توانایی بدن در جذب مناسب این نیروها، طی فعالیت‌های پویا می‌باشد. الگوی فرود نامتقارن، تکنیک اشتباه، نیروی عکس‌العمل زمین، زمان بارگیری سریع و تعداد زیاد پرش‌ها و فرودها در طول جلسات تمرینی و بازی از جمله عوامل خطرزای آسیب رباط صلیبی قدامی می‌باشند. از این‌رو ارائه راهکار و استفاده از روش‌های مختلف جهت بهبود تکنیک فرود و کاهش ریسک فاکتورها بالتبع موجب کاهش آسیب رباط صلیبی قدامی خواهد شد. یک رویکرد جدید در پیشگیری از آسیب، به‌کارگیری و استفاده از دانش یادگیری حرکتی می‌باشد [۳۹]. نظریه‌های گوناگونی پیرامون یادگیری حرکتی بهینه وجود دارد. ولف و لویثویت، نظریه یادگیری حرکتی بهینه<sup>۹</sup> را مطرح کردند؛ براساس این نظریه می‌توان برای بهبود عملکرد حرکتی و یادگیری بهینه افراد از عوامل انگیزشی (حمایت خودمختاری و امیدواری تقویت‌شده) و عامل توجهی (توجه بیرونی) استفاده کرد [۲۵].

براساس نظریه اپتیمال، اتخاذ یک توجه بیرونی نسبت به تمرکز درونی (الف) باتوجه‌به هدف حرکت و (ب) کاهش تمرکز بر خود نقشی دوگانه ایفا می‌کند. بنابراین، تمرکز بیرونی نقش مهمی در جفت کردن هدف-عمل دارد. مزایای دیگر استفاده از کانون توجه بیرونی در مقابل کانون توجه درونی باتوجه‌به عملکرد و یادگیری حرکتی با فرضیه عمل محدود توضیح داده شده است [۴۰]. فرضیه عمل محدود بیان می‌کند وقتی یک فرد بر روی حرکات خود تمرکز می‌کند (کانون توجه درونی) ممکن است با فرآیندهای کنترل خودکار که یک الگوی حرکت را تنظیم می‌کند تداخل داشته باشد، درحالی‌که هنگامی که آن‌ها بر کانون توجه بیرونی تمرکز می‌کنند موجب تسهیل خودکنترلی

### 9. OPTIMAL theory of motor learning

گروه‌ها در پیش‌آزمون و پس‌آزمون داشته باشیم، اختلاف بیشتر و عملکرد بهتر در گروه کانون توجه بیرونی مشهود می‌باشد؛ بنابراین با توجه به نتایج، استفاده از دستورالعمل‌های کانون توجه (به‌ویژه کانون توجه بیرونی) به‌واسطه بهبود تکنیک فرود ایمن و تأثیر مثبت بر نیروهای وارده بر اندام تحتانی، مکانیک فرود را بهبود بخشیده و با کاهش نیروهای وارده بر اندام تحتانی، عوامل خطرزای مرتبط با آسیب رباط صلیبی قدامی را کاهش داده است.

شاخص رسیدن به پایداری از دیگر متغیرهایی بود که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. کنترل پاسچر و تعادل پویا برای فعالیت‌های روزانه و عملکرد مطلوب در فعالیت‌های ورزشی مانند حرکات پرش/فرود ضروری است [۱۹]. ضعف در ثبات دینامیک و پایداری پویا یکی از مهم‌ترین عوامل خطر برای رباط‌های زانو از جمله رباط صلیبی قدامی می‌باشد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد دستورالعمل‌های فوری کانون توجه داخلی تأثیری بر شاخص پایداری پویای شرکت‌کنندگان ندارد. در تناقض با مطالعه حاضر، در مطالعه رستمی و همکاران نشان داده شد تمرینات آموزشی همراه با دستورالعمل‌های کانون توجه بیرونی می‌تواند باعث بهبود عملکرد، کینتیک فرود و شاخص پایداری پویا در افراد شود [۵۰] که از دلایل این تناقض می‌توان به عدم وجود تمرینات مداخله‌ای در مطالعه حاضر اشاره کرد، زیرا شاخص پایداری پویا از شاخص‌های بیومکانیکی می‌باشد که با تمرین و در طولانی‌مدت بهبود خواهد یافت، درحالی‌که این مطالعه حول محور پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی بود و یافته‌ها ممکن است با پیشگیری از سایر انواع آسیب‌های حاد و استفاده بیش از حد اندام تحتانی مرتبط باشد. همچنین ممکن است یافته‌های این مطالعه برای تمرین حرکتی ورزشکاران آسیب‌دیده که در حال توانبخشی هستند (به‌عنوان مثال پس از بازسازی رباط صلیبی قدامی) اعمال شود. بنابراین پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده به بررسی اینکه چگونه کانون توجه بر اثربخشی تمرینات حرکتی برای پیشگیری از آسیب اولیه، ثانویه و توانبخشی تأثیر می‌گذارد ادامه یابد.

### نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این مطالعه نشان دادند دستورالعمل‌های آنی کانون توجه بیرونی و درونی هر دو می‌توانند باعث بهبود مکانیک فرود و متغیرهای بیومکانیکی مرتبط با فرود شوند. به نظر می‌رسد تمرینات کانون توجه بیرونی توانسته است با تأثیر بر افزایش کنترل حرکتی اندام، به کاهش بیشتر نیروی عمودی و میزان بار وارده به اندام تحتانی و در نتیجه فرود ایمن‌تر و کاهش خطر آسیب رباط صلیبی قدامی منجر شود. از این رو محققان این پژوهش به مربیان و متخصصان ورزشی پیشنهاد می‌کنند در جلسات آموزشی و تمرینی خود از دستورالعمل‌های کانون توجه به‌ویژه کانون توجه بیرونی استفاده کنند.

بازسازی رباط صلیبی قدامی، الگوهای حرکتی ایمن‌تر و نیروهای عکس‌العمل کمتری در مقایسه با تمرکز داخلی ایجاد می‌کند. بنابراین، کانون توجه خارجی ممکن است خطر آسیب مجدد رباط صلیبی قدامی را کاهش دهد [۴۵]. درحالی‌که یافته‌های این مطالعه ممکن است کمک ارزشمندی به پیشینه این موضوع و این حوزه از یادگیری حرکتی و پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی باشد.

محدودیت‌هایی در این مورد وجود دارد که باید اذعان شود. اول، اینکه توجه داشته باشیم این مطالعه فقط اثرات فوری دستورالعمل‌ها بر مکانیک فرود بررسی کرده است. در مطالعاتی که در طولانی‌مدت انجام شده است اثرات مزمن و طولانی‌مدت دستورالعمل‌های کانون توجه مورد بررسی قرار گرفته و استفاده از دستورالعمل‌های کانون توجه بیرونی مؤثرتر نشان داده شده و نتایج بهتری هم داشته است. مجموعه از مطالعات و پیشینه موجود نشان می‌دهد تمرکز بیرونی ممکن است به حفظ بهتر اثرات آموزشی برای انواع وظایف منجر شود. همچنین به نظر می‌رسد هنگامی که با یک کار (وظیفه) جدید روبه‌رو هستیم که در طول آموزش گنجانده نشده است، ممکن است عملکرد زمانی که تمرکز خارجی اتخاذ می‌شود بهتر باشد (یعنی انتقال بهتر) [۴۶]. در ورزش‌هایی مانند فوتبال از ورزشکاران می‌خواهند که در حین مانور دادن به مکان و اقدامات سایر بازیکنان و توپ به‌طور هم‌زمان توجه کنند که این امر توانایی آن‌ها را برای توجه به حرکات خود محدود می‌کند. در نتیجه، توسعه برنامه‌های آموزشی حرکتی که می‌تواند سازگاری‌هایی را در مکانیک فرود ایجاد کند که نیاز به کنترل آگاهانه محدود و درگیری سیستم حرکت خودکار دارد، ممکن است کلیدی و قابل توجه باشد [۴۲، ۴۷].

در مطالعه‌ای مشابه که پژوهشگران این تحقیق انجام دادند تأثیر کانون توجه بر ۸ هفته تمرینات پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی سنجیده شد و نتایج نشان داد متغیرهای کینتیکی مرتبط با آسیب رباط صلیبی قدامی (نیروی عمودی و قدامی خلفی عکس‌العمل زمین و نرخ بارگذاری نیرو) در گروه کانون توجه بیرونی بهبود یافتند [۴۸]. همچنین رستمی و همکاران تأثیر دستورالعمل‌های کانون توجه بر اوج نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و نرخ بارگذاری را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها در مطالعه خود از ۸ هفته تمرین همراه با دستورالعمل‌های مختلف استفاده کردند و در نهایت نتایج نشان داد افرادی که از دستورالعمل‌های کانون توجه بیرونی استفاده کردند، پس از گذشت ۸ هفته عملکرد بهتر، نیروی عکس‌العمل و نرخ بارگذاری کمتری نشان دادند [۴۹].

از دلایل فقدان تفاوت‌های قابل توجه و معنی‌دار در نتایج مطالعه حاضر در گروه کانون توجه بیرونی و درونی می‌توان به سطح فعالیت بدنی خوب و یکسان میان گروه‌های کانون توجه بیرونی و درونی اشاره کرد. با وجود این اگر نگاهی به میانگین

## ملاحظات اخلاقی

### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در اجرای پژوهش، ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق در نظر گرفته شده و کد اخلاق به شماره (IR.1398.119/SSRC.REC) از کارگروه اخلاق در پژوهش پژوهشگاه علوم ورزشی دریافت شده است.

### حامی مالی

این مقاله هیچ‌گونه کمک مالی از سازمان تأمین‌کننده مالی در بخش‌های عمومی و دولتی، تجاری، غیرانتفاعی دانشگاه یا مرکز تحقیقات دریافت کرده است.

### مشارکت‌نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت یکسان داشتند.

### تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

### تشکر و قدردانی

از تمام اساتید محترم و دوستانی که در انجام این تحقیق ما را یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

## References

- [1] Hanson AM, Padua DA, Troy Blackburn J, Prentice WE, Hirth CJ. Muscle activation during side-step cutting maneuvers in male and female soccer athletes. *Journal of Athletic Training*. 2008; 43(2):133-43. [DOI:10.4085/1062-6050-43.2.133] [PMID] [PMCID]
- [2] Shultz SJ, Schmitz RJ, Nguyen A-D, Levine BJ. Joint laxity is related to lower extremity energetics during a drop jump landing. *Medicine and science in sports and exercise*. 2010;42(4):771. [DOI:10.1249/MSS.0b013e3181bbeaa6] [PMID] [PMCID]
- [3] Nessler T, Denney L, Sampley J. ACL injury prevention: What does research tell us? *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*. 2017; 10(3):281-8. [DOI:10.1007/s12178-017-9416-5] [PMID] [PMCID]
- [4] Lohmander LS, Ostenberg A, Englund M, Roos H. High prevalence of knee osteoarthritis, pain, and functional limitations in female soccer players twelve years after anterior cruciate ligament injury. *Arthritis and Rheumatism*. 2004; 50(10):3145-52. [DOI:10.1002/art.20589] [PMID]
- [5] Øiestad BE, Holm I, Engebretsen L, Aune AK, Gunderson R, Risberg MA. The prevalence of patellofemoral osteoarthritis 12 years after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2013; 21(4):942-9. [DOI:10.1007/s00167-012-2161-9] [PMID]
- [6] Andernord D, Karlsson J, Musahl V, Bhandari M, Fu FH, Samuelsson K. Timing of surgery of the anterior cruciate ligament. *Arthroscopy*. 2013; 29(11):1863-71. [DOI:10.1016/j.arthro.2013.07.270] [PMID]
- [7] Wiggins AJ, Grandhi RK, Schneider DK, Stanfield D, Webster KE, Myer GD. Risk of secondary injury in younger athletes after anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review and meta-analysis. *The American Journal of Sports Medicine*. 2016; 44(7):1861-76. [DOI:10.1177/0363546515621554] [PMID] [PMCID]
- [8] Dai B, Herman D, Liu H, Garrett WE, Yu B. Prevention of ACL injury, part I: Injury characteristics, risk factors, and loading mechanism. *Research in Sports Medicine*. 2012; 20(3-4):180-97. [DOI:10.1080/15438627.2012.680990] [PMID]
- [9] Marshall SW, Covassin T, Dick R, Nassar LG, Agel J. Descriptive epidemiology of collegiate women's gymnastics injuries: National collegiate athletic association injury surveillance system, 1988-1989 through 2003-2004. *Journal of Athletic Training*. 2007; 42(2):234-40. [PMID] [PMCID]
- [10] Yeow CH, Lee PV, Goh JC. Regression relationships of landing height with ground reaction forces, knee flexion angles, angular velocities and joint powers during double-leg landing. *The Knee*. 2009; 16(5):381-6. [DOI:10.1016/j.knee.2009.02.002] [PMID]
- [11] 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. [DOI:10.1016/j.knee.2010.02.013] [PMID]
- [12] Frobell RB, Roos HP, Roos EM, Hellio Le Graverand MP, Buck R, Tamez-Pena J, et al. The acutely ACL injured knee assessed by MRI: Are large volume traumatic bone marrow lesions a sign of severe compression injury? *Osteoarthritis and Cartilage*. 2008; 16(7):829-36. [DOI:10.1016/j.joca.2007.11.003] [PMID]
- [13] Gilmer G, Oliver GD. Preliminary evaluation of knee kinetics in female athletes on hormonal contraceptives. *International Journal of Sports Medicine*. 2020; 41(02):113-8. [DOI:10.1055/a-1034-7901] [PMID]
- [14] Sasaki S, Nagano Y, Ichikawa H. Loading differences in single-leg landing in the forehand- and backhand-side courts after an overhead stroke in badminton: A novel tri-axial accelerometer research. *Journal of Sports Sciences*. 2018; 36(24):2794-801. [DOI:10.1080/02640414.2018.1474535] [PMID]
- [15] Leppänen M, Pasanen K, Kujala UM, Vasankari T, Kannus P, Äyrämö S, et al. Stiff landings are associated with increased ACL injury risk in young female basketball and floorball players. *The American Journal of Sports Medicine*. 2017; 45(2):386-93. [DOI:10.1177/0363546516665810] [PMID]
- [16] Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS Jr, Colosimo AJ, McLean SG, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: A prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*. 2005; 33(4):492-501. [DOI:10.1177/0363546504269591] [PMID]
- [17] Koh YC, Cho JH, Lee HD, Lee SC. Effects of landing height on lower extremity joint biomechanics during unilateral and bilateral landings. Paper presented at: 30 International Conference on Biomechanics in Sports (2012). 2 July 2012; Melbourne, Australia. [Link]
- [18] Southard J, Kernozek T, Ragan R, Willson J. Comparison of estimated anterior cruciate ligament tension during a typical and flexed knee and hip drop landing using sagittal plane knee modeling. *International Journal of Sports Medicine*. 2012; 33(05):381-5. [DOI:10.1055/s-0031-1299750] [PMID]
- [19] Simpson JD, Stewart EM, Macias DM, Chander H, Knight AC. Individuals with chronic ankle instability exhibit dynamic postural stability deficits and altered unilateral landing biomechanics: A systematic review. *Physical Therapy in Sport*. 2019; 37:210-9. [DOI:10.1016/j.ptsp.2018.06.003] [PMID]
- [20] Padua DA, DiStefano LJ. Sagittal plane knee biomechanics and vertical ground reaction forces are modified following ACL injury prevention programs: A systematic review. *Sports Health*. 2009; 1(2):165-73. [DOI:10.1177/1941738108330971] [PMID] [PMCID]
- [21] Benjaminse A, Otten E. ACL injury prevention, more effective with a different way of motor learning? *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2011; 19(4):622-7. [DOI:10.1007/s00167-010-1313-z] [PMID] [PMCID]
- [22] 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. [DOI:10.4085/1062-6050-99-16] [PMID] [PMCID]

- [23] Hunt C, Paez A, Folmar E. The impact of attentional focus on the treatment of musculoskeletal and movement disorders. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2017; 12(6):901-7. [DOI:10.26603/ijsp20170901] [PMID] [PMCID]
- [24] Wulf G. Attentional focus and motor learning: a review of 15 years. *International Review of Sport and Exercise Psychology*. 2013; 6(1):77-104. [DOI:10.1080/1750984X.2012.723728]
- [25] Wulf G, Lewthwaite R. Optimizing performance through intrinsic motivation and attention for learning: The optimal theory of motor learning. *Psychonomic Bulletin & Review*. 2016; 23(5):1382-1414. [DOI:10.3758/s13423-015-0999-9] [PMID]
- [26] Lohse KR, Sherwood DE. Defining the focus of attention: Effects of attention on perceived exertion and fatigue. *Frontiers in Psychology*. 2011; 2:332. [DOI:10.3389/fpsyg.2011.00332] [PMID] [PMCID]
- [27] Azimi R, Daneshfar A, Shojaei M. [The effect of attention focus and skill level on movement time in simple tasks and Complexity requires speed and accuracy (Persian)]. *Journal of Sport Management and Motor Behavior*. 2017; 13(26):119-28. [DOI:10.22080/jsmb.2017.1871]
- [28] Perkins-Ceccato N, Passmore SR, Lee TD. Effects of focus of attention depend on golfers' skill. *Journal of Sports Sciences*. 2003; 21(8):593-600. [DOI:10.1080/0264041031000101980] [PMID]
- [29] Willson JD, Ireland ML, Davis I. Core strength and lower extremity alignment during single leg squats. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2006; 38(5):945-52. [DOI:10.1249/01.mss.0000218140.05074.fa] [PMID]
- [30] Stöggl T, Martiner A. Validation of moticon's opengo sensor insoles during gait, jumps, balance and cross-country skiing specific imitation movements. *Journal of Sports Sciences*. 2017; 35(2):196-206. [DOI:10.1080/02640414.2016.1161205] [PMID] [PMCID]
- [31] Aizawa J, Hirohata K, Ohji S, Ohmi T, Yagishita K. Limb-dominance and gender differences in the ground reaction force during single-leg lateral jump-landings. *Journal of Physical Therapy Science*. 2018; 30(3):387-92. [DOI:10.1589/jpts.30.387] [PMID] [PMCID]
- [32] Hargrave MD, Carcia CR, Gansneder BM, Shultz SJ. Subtalar pronation does not influence impact forces or rate of loading during a single-leg landing. *Journal of Athletic Training*. 2003; 38(1):18-23. [PMID] [PMCID]
- [33] Zahradnik D, Jandacka D, Uchytíl J, Farana R, Hamill J. Lower extremity mechanics during landing after a volleyball block as a risk factor for anterior cruciate ligament injury. *Physical Therapy in Sport*. 2015; 16(1):53-8. [DOI:10.1016/j.ptsp.2014.04.003] [PMID]
- [34] Heebner NR, Akins JS, Lephart SM, Sell TC. Reliability and validity of an accelerometry based measure of static and dynamic postural stability in healthy and active individuals. *Gait & Posture*. 2015; 41(2):535-9. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2014.12.009] [PMID]
- [35] Verniba D, Vescovi JD, Hood DA, Gage WH. The analysis of knee joint loading during drop landing from different heights and under different instruction sets in healthy males. *Sports Medicine - Open*. 2017; 3(1):6. [DOI:10.1186/s40798-016-0072-x] [PMID] [PMCID]
- [36] Milner CE, Fairbrother JT, Srivatsan A, Zhang S. Simple verbal instruction improves knee biomechanics during landing in female athletes. *The Knee*. 2012; 19(4):399-403. [DOI:10.1016/j.knee.2011.05.005] [PMID]
- [37] Hadadnezhad M, Letafatkar A. [The relationship between genu varum abnormality and lower extremity's performance and strength in teenage footballers (Persian)]. *Journal of Research in Rehabilitation Sciences*. 2011; 7(2):188-96. [Link]
- [38] Zhang SN, Bates BT, Dufek JS. Contributions of lower extremity joints to energy dissipation during landings. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2000; 32(4):812-9. [DOI:10.1097/00005768-200004000-00014] [PMID]
- [39] 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. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2015; 45(3):170-82. [DOI:10.2519/jospt.2015.4986] [PMID]
- [40] Wulf G. Attention and motor skill learning. *Champaign: Human Kinetics*; 2007. [Link]
- [41] Almonroeder TG, Jayawickrema J, Richardson CT, Mercker KL. The influence of attentional focus on landing stiffness in female athletes: A cross-sectional study. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2020; 15(4):510-8. [DOI:10.26603/ijsp20200510] [PMID] [PMCID]
- [42] Widenhoefer TL, Miller TM, Weigand MS, Watkins EA, Almonroeder TG. Training rugby athletes with an external attentional focus promotes more automatic adaptations in landing forces. *Sports Biomechanics*. 2019; 18(2):163-73. [DOI:10.1080/14763141.2019.1584237] [PMID]
- [43] Vitali F, Tarperi C, Cristini J, Rinaldi A, Zelli A, Lucidi F, et al. Action monitoring through external or internal focus of attention does not impair endurance performance. *Frontiers in Psychology*. 2019; 10:535. [DOI:10.3389/fpsyg.2019.00535] [PMID] [PMCID]
- [44] Ghaderi M, Letafatkar A, Thomas AC, Keyhani S. Effects of a neuromuscular training program using external focus attention cues in male athletes with anterior cruciate ligament reconstruction: A randomized clinical trial. *BMC Sports Science, Medicine & Rehabilitation*. 2021; 13(1):49. [DOI:10.1186/s13102-021-00275-3] [PMID] [PMCID]
- [45] Gokeler A, Benjaminse A, Welling W, Alferink M, Eppinga P, Otten B. The effects of attentional focus on jump performance and knee joint kinematics in patients after ACL reconstruction. *Physical Therapy in Sport*. 2015; 16(2):114-20. [DOI:10.1016/j.ptsp.2014.06.002] [PMID]
- [46] Benjaminse A, Welling W, Otten B, Gokeler A. Transfer of improved movement technique after receiving verbal external focus and video instruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2018; 26(3):955-62. [DOI:10.1007/s00167-017-4671-y] [PMID] [PMCID]
- [47] Kal EC, van der Kamp J, Houdijk H. External attentional focus enhances movement automatization: A comprehensive test of

the constrained action hypothesis. *Human Movement Science*. 2013; 32(4):527-39. [DOI:10.1016/j.humov.2013.04.001] [PMID]

[48] Dalvandpour N, Zarei M, Abdoli B, Abbasi H, Mohamadian MA. [The effect of external focus attention exercise on the kinetic risk factors associated with ACL injury (Persian)]. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2021; 10(3):470-85. [DOI:10.32598/SJRM.10.3.8]

[49] Rostami A, Letafatkar A, Khaleghi Tazji M. The effects of feedback exercises on peak vertical Ground Reaction force and Rate of Loading associated with lower extremity injury in landing after volleyball blocks. *Journal of Exercise Science and Medicine*. 2019; 10(2):197-211. [DOI:10.22059/JSMED.2019.258996.901]

[50] Rostami A, Letafatkar A, Gokeler A, Khaleghi M. The effects of external focus instruction exercise on performance and kinetics in landing after volleyball blocks of female athletes. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2018; 29(1):51-64. [DOI:10.1123/jsr.2018-0163]