




Effectiveness of Eight Weeks of Progressive Jump-Landing Exercises on Performance and Dynamic Balance of Young Footballers at the Risk of Anterior Cruciate Ligament Injury

Mostafa Poorkiani^{1*}, Amir Letafatkar², Maliheh Hadadnejad², Seyed Sadradin Shojaedin³

1. PhD in Corrective Exercise & Sport Injuries, School of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran
2. Assistant Professor, Department of Biomechanic and Sport Injury, School of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran  <https://orcid.org/0000-0002-5612-8340>
 <https://orcid.org/0000-0001-8485-6364>
3. Associate Professor, Department of Biomechanic and Sport Injury, School of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran  <https://orcid.org/0000-0003-0272-6748>

Received: 2017.October.10 Revised: 2017. December.18 Accepted: 2017. December.27

Abstract

Background and Aim: The aim of the present study was to determine the effectiveness of eight weeks of progressive jump-landing exercises on the performance and dynamic balance in young football players prone to anterior cruciate ligament injury.

Materials and Methods: In the current study, 30 football players prone to the risk of anterior cruciate ligament injury (screened by functional movement screening tests) participated on a voluntary basis and were randomly divided into two groups of progressive jump-landing exercises (n=15; age 17.8±0.77 yrs; height 169.2±4.84 cm, weight 63.4±5.86 kg) and control (n=15; age 18±0.84 yrs; height 168.2±3.75 cm, weight 64.46±7.71 kg). The hopping (single leg hop, triple hop, triple diagonal hop, and timed hop) and Y balance tests were used for evaluation of performance and dynamic balance, respectively (at baseline and after 8-weeks of progressive jump-landing exercises). For statistical analysis, the mixed 2*2 analysis of variance and paired t-tests in SPSS, v. 22, were used.

Results: The results revealed that eight weeks of progressive jump-landing exercises led to significant effects on the scores of performance (P=0.001) and dynamic balance (P=0.001) tests in participants.

Conclusion: According to the results, eight weeks of progressive jump-landing exercises could improve participants' performance and dynamic balance, so this type of exercise is recommended for improving performance and dynamic balance of young football players prone to the risk of anterior cruciate ligament injury.

Keywords: Progressive Jump-Landing Exercises; Performance; Dynamic Balance; Anterior Cruciate Ligament

Cite this article as: Mostafa Poorkiani, Amir Letafatkar, Maliheh Hadadnejad, Sadradin Shojaedin. Effectiveness of eight weeks progressive jump-landing exercises on performance and dynamic balance of young footballers at risk of anterior cruciate ligament injury. *J Rehab Med. J Rehab Med.* 2018; 7(3):59-68

* **Corresponding Author:** Mostafa Poorkiani, PhD in Corrective Exercise & Sport Injuries, Tehran, Iran.
Email: mosi.poorkiani@yahoo.com

DOI: 10.22037/jrm.2018.110673.1446

اثربخشی هشت هفته تمرینات پیش‌رونده پرش-فرود بر عملکرد و تعادل پویای فوتبال‌بست‌های جوان در معرض خطر آسیب لیگامان صلیبی قدامی

مصطفی پورکیانی*^۱، امیر لطافت کار^۲، ملیحه حدادنژاد^۳، صدرالدین شجاع‌الدین^۳

۱. دکترای تخصصی حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۲. استادیار، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۳. دانشیار، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

* دریافت مقاله ۱۳۹۶/۰۷/۱۸ بازنگری مقاله ۱۳۹۶/۰۹/۲۷ پذیرش مقاله ۱۳۹۶/۱۰/۰۶ *

چکیده

مقدمه و اهداف

هدف از مطالعه حاضر تعیین اثربخشی هشت هفته تمرینات پیش‌رونده پرش-فرود و تمرینات چابکی بر عملکرد و تعادل پویای فوتبال‌بست‌های در معرض خطر آسیب لیگامان صلیبی قدامی بود.

مواد و روش‌ها

۳۰ فوتبال‌بست مرد در معرض خطر آسیب لیگامان صلیبی قدامی (غربال‌شده به وسیله آزمون غربالگری عملکردی) به طور داوطلبانه برای مطالعه حاضر انتخاب شده و به صورت تصادفی به دو گروه تمرینات پیش‌رونده پرش-فرود (تعداد= ۱۵ نفر؛ سن ۱۷/۸±۰/۷۷ سال؛ قد ۱۶۹/۲±۴/۸۴ سانتی‌متر؛ وزن ۶۳/۴±۵/۸۶ کیلوگرم) و گروه کنترل (تعداد= ۱۵ نفر؛ سن ۱۸±۰/۸۴ سال؛ قد ۱۶۸/۲±۳/۷۵ سانتی‌متر؛ وزن ۶۴/۴۶±۷/۷۱ کیلوگرم) تقسیم‌بندی شدند. آزمون‌های هاپینگ (آزمون جهش تک‌پا، جهش سه‌گانه تک‌پا، جهش سه‌گانه متقاطع تک‌پا و مدت زمان جهش تک‌پا) و آزمون Y به ترتیب جهت ارزیابی عملکرد و تعادل پویا استفاده شد (در پیش‌آزمون و پس از هشت هفته تمرین پیش‌رونده پرش-فرود). برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از آزمون آماری آنوای دو در دو و تی زوجی در برنامه SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج نشان داد که اجرای هشت هفته پروتکل تمرینی پیش‌رونده پرش-فرود، باعث ایجاد تغییرات معنادار در نمرات آزمون‌های عملکردی ($P=۰/۰۰۱$) و تعادل پویا ($P=۰/۰۰۱$) آزمودنی‌ها می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان داد اجرای هشت هفته تمرینات پیش‌رونده پرش-فرود، منجر به بهبود عملکرد و تعادل پویای آزمودنی‌ها می‌شود؛ لذا می‌توان این نوع تمرینات را جهت بهبود عملکرد و تعادل در فوتبال‌بست‌های جوان در معرض خطر آسیب لیگامان صلیبی قدامی توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی

تمرینات پیش‌رونده پرش-فرود؛ عملکرد حرکتی؛ تعادل پویا؛ آسیب لیگامان صلیبی قدامی

نویسنده مسئول: مصطفی پورکیانی، دکترای تخصصی آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، تهران، ایران

آدرس الکترونیکی: mosi.poorkiani@yahoo.com

آسیب لیگامان صلیبی قدامی (ACL) شایع‌ترین آسیب لیگامانی زانو می‌باشد^[۱] که در ورزشکاران جوان ۱۵ تا ۲۵ ساله شیوع بیشتری داشته و مکانیسم آن حدود ۷۰ درصد به صورت غیربرخوردی و ۳۰ درصد برخوردی است.^[۲] این آسیب علاوه بر هزینه درمان زیاد (سالانه ۶۲۵ میلیون دلار)، موجب از دست دادن مشارکت ورزشی و حتی از دست دادن فصل ورزشی و نیز ایجاد آسیب‌های ثانویه مانند استئوآرتریت (افزایش بیش از ۱۰ برابر)، پارگی مینیسک و نیز مشکلات و مسائل روحی و روانی در فرد می‌گردد.^[۳] همچنین، برخی پژوهشگران بر این باور هستند که فشارها در مفصل زانو به صورت مجموعه‌ای عمل می‌کنند و آسیب‌های غیربرخوردی ACL احتمالاً بر اثر افزایش حرکت و فشار در سطوح مختلف ساجیتال، فرونتال و هوریزنتال است که به صورت چندسطحی اتفاق می‌افتد.^[۴] عوامل خطرزا در این آسیب به دو گروه عوامل درونی و بیرونی تقسیم می‌شود؛ عوامل بیرونی به عوامل انسانی (مانند: حرکات ورزشی خطرناک بازیکنان)، شرایط محیطی (مانند: سطح زمین)، تجهیزات ورزشی (مانند: کفش)، تجهیزات حفاظتی (مانند: ساق‌بند) بستگی دارد و عوامل درونی به تفاوت‌های آناتومیکی، هورمونی، عصبی-عضلانی و بیومکانیکی اشاره دارد.^[۵] نقص‌های عصبی-عضلانی به عنوان اختلال در قدرت عضلانی، توان یا الگوهای فعال‌سازی عضلانی هستند که به افزایش بارهای مفصل زانو و لیگامان ACL منجر می‌شوند.^[۶-۱۰]

تعادل یا کنترل قامت، بخش جدایی‌ناپذیر اغلب فعالیت‌های روزانه است و شاخص تعیین‌کننده در بررسی توانایی عملکردی ورزشکار به شمار می‌رود. محققان تعادل را مهمترین بخش توانایی ورزشکار که در اشکال گوناگون فعالیت‌ها درگیر می‌باشد، معرفی نمودند. حفظ تعادل، مهارت حرکتی پیچیده‌ای است که پویایی وضعیت بدن را در جلوگیری از افتادن توصیف می‌کند و در ورزش‌هایی که نیاز به عکس-العمل‌های سریع دارند، یک محافظ ذاتی در مقابل آسیب فراهم می‌آورد. از این رو، ضعف تعادل ورزشکار به عنوان یکی از مهمترین عوامل ایجاد آسیب‌های ورزشی به حساب می‌آید که سبب وقوع آسیب‌های فراوانی به ویژه در اندام تحتانی می‌شود. نقص در عملکرد حرکتی و نیز نقص در کنترل قامت می‌تواند باعث افزایش میزان آسیب‌دیدگی اندام تحتانی به ویژه آسیب ACL شود.^[۶]

برنامه‌های پیشگیری از آسیب ACL بیشتر ورزشکاران رقابتی را هدف قرار داده و شامل تمرینات عصبی-عضلانی، تمرینات گیرنده‌های عمقی و تمرینات پلايومتریک است. تمرینات عصبی-عضلانی برای افزایش ثبات مفصلی، بهبود حس وضعیت مفصل و توسعه رفلکس-های حفاظتی برای پیشگیری از آسیب است.^[۷] هدف تمرینات گیرنده‌های عمقی، بهبود هماهنگی و تعادل در چند صفحه‌ی حرکتی در حین اختلالات حرکتی است. تمرینات پلايومتریک شامل پرش‌های متفاوت، مانورهای فرود و برش در صفحات حرکتی مختلف و در شدت‌های متفاوت است. بخش رایج دیگر از این تمرینات، تمرینات تعادلی، قدرتی و آگاهی از تکنیک حرکت است.^[۷] در دهه‌های اخیر مطالعات زیادی اهمیت و اثرگذاری برنامه‌های پیشگیری را در جوانان ورزشکار بیان کرده‌اند.^[۷-۹] مطالعات بیانگر اهمیت چندجانبه تمرینات عصبی-عضلانی هستند که شامل تمرینات پلايومتریک تخصصی ورزش، تمرینات چابکی و قدرتی بر کاهش قابل توجه آسیب ACL است.^[۱۰-۱۱] تحقیقات نشان داده‌اند که آسیب ACL در حدود کمتر از ۱۰۰ میلی‌ثانیه رخ می‌دهد؛ در حالی که فعال‌سازی عضلات رفلکسی حدوداً ۱۲۸ میلی‌ثانیه به طول می‌انجامد.^[۱۲] این نتایج بیانگر این است که آسیب ACL خیلی سریع‌تر از پاسخ رفلکسی عضلانی برای پیشگیری رخ می‌دهد.^[۱۳] این فعالیت عضلانی اولیه ممکن است از طریق عملکرد دوک‌های عضلانی فعالیت رفلکسی عضلات را بهبود بخشد و با شناسایی سریع‌تر اغتشاشات غیرمنتظره ریسک آسیب لیگامانی را کاهش دهد.^[۱۴] این الگوی عملکرد برنامه‌ریزی اولیه با تمرینات عصبی-عضلانی قابل تعدیل و قابل تغییر است.

اثر بخشی برنامه‌های تمرینی، به ویژه در بازیکنان رشته‌های که حرکات‌های فرود و پرش در آن به کرات انجام می‌شود (مانند فوتبال) به یک چالش مهمی تبدیل شده است؛ زیرا این بازیکنان در اجرای مهارت‌های خود به دفعات از تکنیک پرش و فرود روی یک پا استفاده می‌کنند^[۱۵-۱۹] و این تکنیک یکی از سازوکارهای آسیب‌های زانوی بازیکنان است.^[۱۴] از این رو، ضرورت پژوهش‌های بیشتر در خصوص ارزیابی توأم تعادل و حفظ عملکرد خوب آن هنگام فرود روی یک پا، در ورزشکاران حائز اهمیت است تا بدین شکل تغییرات دقیق‌تر مطالعه شده^[۲۰-۲۱] و امکان ارائه‌ی برنامه‌های تمرینی عصبی-عضلانی مناسب فراهم شود.^[۶] Blackburn و همکاران در سال ۲۰۱۴ به بررسی اثر تمرینات ایزومتریک و ایزوتونیک بر سفتی عضلانی همسترینگ و مکانیسم اعمال لود بر ACL پرداختند. بعد از شش هفته تمرین به این نتیجه رسیدند که با تمرینات ایزومتریک و ایزوتونیک، سفتی عضلانی افزایش می‌یابد و به دنبال آن مکانیسم اعمال لوبارد بر ACL نیز تغییر می‌یابد، اما این تغییر از نظر آماری معنادار نیست.^[۲۲]

محاسبه عوامل خطرزای آسیب لیگامان ACL از طریق روش‌های بیومکانیکی نیازمند تکنیک‌های آزمایشگاهی سه‌بعدی است. از آنجایی که این امکانات آزمایشگاهی بسیار گران و استفاده از آنها وقت‌گیر و نیازمند متخصص مرتبط است، نمی‌توان تمامی ورزشکاران را برای ارزیابی خطر وقوع آسیب با این روش‌ها ارزیابی کرد.^[۲۳-۲۷] بنابراین در اینجا مطرح ایده ارزیابی ورزشکاران به وسیله آزمون ارزیابی میدانی به عنوان یک ابزار کمکی بسیار ارزشمند و کاربردی یک ضرورت است.

پیشگیری از آسیب لیگامان ACL به دلیل جلوگیری از ایجاد آسیب‌های ثانویه این آسیب مانند پارگی مینیسک و استئوآرتریت زانو اهمیت

ویژه‌ای دارد. مسائل مالی متعاقب آسیب لیگامان ACL مانند هزینه جراحی، توانبخشی و عوامل روانی اجتماعی، لزوم بکارگیری برنامه‌های پیشگیری از آسیب را پررنگ‌تر کرده است. علاوه بر هزینه‌های مالی، از دست دادن کل فصل ورزشی و ناتوانی در درازمدت از عواقب وقوع آسیب لیگامان ACL می‌باشد.

در زمینه برنامه‌های پیشگیری از آسیب لیگامان ACL، مطالعات متعددی انجام شده است که برخی از آنها در قالب برنامه‌های گرم کردن اعمال شده‌اند^[۲۳-۲۹]، اما ضعف‌های متدولوژیک مانند عدم گروه کنترل و عدم طراحی برنامه‌های تخصصی پیشگیری از آسیب بر اساس اصل SAID^۱ در بیشتر این تحقیقات، نتیجه‌گیری را در مورد این تمرینات مشکل کرده است.^[۲۴-۲۸] یکی دیگر از مشکلات برنامه‌های تمرینی (استفاده شده در تحقیقات پیشین) در قالب برنامه‌های گرم کردن، عدم رعایت اصل اضافه بار با شدت بالا با پیشرفت تمرینات است. از این رو، انجام مطالعه‌ای با استفاده از پروتکل تمرینی کوتاه‌مدت و پیش‌رونده (بر اساس اصل SAID) نیازمند وسیله‌های تمرینی ارزان می‌تواند مفید واقع شود؛ لذا با توجه به مواردی که اشاره شد و اهمیت پیشگیری از آسیب‌های زانو، محقق بر آن است تا در مطالعه حاضر به بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات پیش‌رونده پرش-فرود بر عملکرد و تعادل پویا در فوتبالیست‌های جوان در معرض آسیب ACL بپردازد.

مواد و روش‌ها

با توجه به اعمال مداخله، تقسیم‌بندی تصادفی آزمودنی‌ها و وجود گروه کنترل، تحقیق حاضر از نوع تحقیقات نیمه‌تجربی می‌باشد. تحقیق حاضر در تابستان ۱۳۹۵ انجام شد و محل اجرای این پژوهش، باشگاه فوتبال شیرودی واقع در شهرستان قم بود. جامعه آماری این تحقیق، فوتبالیست‌های مرد در معرض خطر آسیب اندام تحتانی بودند که از بین آنها افراد دارای معیارهای ورود به تحقیق و همچنین در معرض خطر بالا برای آسیب‌های اندام تحتانی (افراد دارای نمره زیر ۱۴ در نمرات آزمون‌های غربالگری عملکردی کوک و همکاران)^[۳۰] انتخاب شده و به صورت تصادفی به دو گروه کنترل و گروه تمرینات پیش‌رونده پرش-فرود تقسیم‌بندی شدند. انتخاب نمونه‌ها بر اساس یک مطالعه مقدماتی (Pilot Study) و با استفاده از معادله زیر (با توجه به مقادیر انحراف استاندارد و میانگین متغیرهای تحقیق) انجام شد که در این معادله تعداد نمونه مورد نظر برای هر گروه، حدود ۱۲ نفر به دست آمد که در این تحقیق برای فائق آمدن بر مشکل ریزش احتمالی نمونه‌ها در طی تحقیق و در دسترس بودن تعداد نمونه‌های کافی، ۱۵ نفر در گروه تجربی و ۱۵ نفر در گروه کنترل در نظر گرفته شد.

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

$$Z_{1-\alpha}/2 \quad \text{for sig } 0.05 = 1.96$$

$$Z_{1-\beta} \quad \text{for power } 80\% = 0.84$$

$$(M_1 = 0.70)$$

$$(M_2 = 0.48)$$

$$(S_1 = 0.25)$$

$$(S_2 = 0.09)$$

$$N = [(1.96 + 0.84)^2 (0.06 + 0.00)] / (0.22)^2 \Rightarrow N = 11.76 \text{ نفر}$$

M_1 : میانگین گروه تجربی، M_2 : میانگین گروه کنترل، S_1 : انحراف استاندارد گروه تجربی، S_2 : انحراف استاندارد گروه کنترل معیارهای ورود به تحقیق، داشتن حداقل سه سال سابقه ورزشی منظم بود. معیارهای خروج از مطالعه نیز شامل آسیب قابل توجه منیسک و غضروف مفصلی (گزارش توسط پزشک)، جراحی تنه یا اندام تحتانی، ناهنجاری‌های ستون فقرات (اسکولیوز، کایفوز و لوردوز) (ارزیابی بصوری توسط محقق)، ضایعه منیسک، پارگی لیگامان‌های زانو، وجود آسیب ماندگار در اندام تحتانی مانند تغییرات دژنراتیو در مفصل زانو، میچ پای بی‌ثبات و بدراستایی‌های اندام تحتانی قابل رؤیت مانند ژنو والگوم، ژنو واروم، ژنو رکورواتوم، کف پای صاف و کف پای گود، مشکلات تعادل و هر گونه بدراستایی‌های اندام تحتانی بود.^[۳۰، ۳۱، ۳۲] پس از شناسایی افراد دارای خطر آسیب‌پذیری بالا، آزمودنی‌ها به دو گروه تجربی (با میانگین سن $17/8 \pm 0/77$ سال؛ قد $169/2 \pm 4/84$ سانتی‌متر؛ وزن $63/4 \pm 5/86$ کیلوگرم و سابقه بازی فوتبال $3/1 \pm 1/1$ سال) و کنترل (با میانگین سن $18 \pm 0/84$ سال؛ قد $168/2 \pm 3/75$ سانتی‌متر؛ وزن $64/46 \pm 7/71$ کیلوگرم و سابقه بازی فوتبال $3/4 \pm 1/3$ سال) تقسیم‌بندی شدند و از آنها پیش‌آزمون عملکرد حرکتی و ارزیابی تعادل پویا به عمل آمد. برای ارزیابی عملکرد حرکتی آزمودنی‌ها از آزمون جهش تک‌پا، آزمون جهش سه‌گانه تک‌پا، آزمون جهش سه‌گانه متقاطع تک‌پا و مدت زمان جهش تک‌پا و نیز برای سنجش تعادل پویا از آزمون Y استفاده شد. این آزمون‌ها، آزمونی ارزشمند و معتبر در تعیین ناهنجاری عدم تقارن اندام تحتانی و ارزیابی توانایی ورزشکار

^۱ Specific Adaptation to Imposed Demand (SAID)

برای جهش و حفظ فرود تک‌پا می‌باشد.^[۱۶] سپس بعد از اجرای پیش‌آزمون، آزمودنی‌های گروه تجربی به مدت هشت هفته تحت تمرینات پیش‌رونده پرش-فرود قرار گرفتند و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرینی، پس‌آزمون مشابه با شرایط پیش‌آزمون اجرا شد و یافته‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

ابزارها و آزمون‌های مورد استفاده در تحقیق

از آزمون‌های جهش تک‌پا، جهش سه‌گانه تک‌پا، جهش سه‌گانه متقاطع تک‌پا و مدت زمان جهش برای ارزیابی عملکرد حرکتی آزمودنی‌ها در تحقیق حاضر استفاده شد که همه آزمون‌ها بر روی پای برتر آزمودنی‌ها انجام شد که در ادامه توضیحات مربوط به هر کدام ارائه می‌گردد.

در **آزمون جهش تک‌پا**، ورزشکار بر روی پای آزمون طوری قرار گرفت که نوک پنجه پا دقیقاً پشت نقطه شروع نوار باریک به طول سه متر قرار گیرد. آزمون شامل جهش به جلو و پیمودن حداکثر مسافت ممکن فرود روی همان پا و نهایتاً حفظ فرود به مدت حداقل دو ثانیه بود و مسافت طی شده ثبت شد که شاخص آن با تقسیم نمودن مسافت جهش پای راست بر مسافت جهش پای چپ و ضرب نمودن عدد حاصل در ۱۰۰ محاسبه شد.^[۱۷] روایی و پایایی این آزمون به ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۸۷ گزارش شده است.^[۱۷]

در **آزمون جهش سه‌گانه تک‌پا**، آزمودنی با پای برتر پشت خط شروع ایستاد و سه پرش حداکثری و پشت سر هم با پای برتر خود در یک خط مستقیم انجام داد. امتیاز هر فرد در واحد سانتی‌متر از خط شروع تا محل برخورد پاشنه آزمودنی با زمین در سومین پرش محاسبه شد.^[۱۸-۱۹] روایی و پایایی این آزمون به ترتیب ۰/۹ و ۰/۸۷ گزارش شده است.^[۱۷]

در **آزمون جهش سه‌گانه متقاطع تک‌پا**، نوک پنجه پای آزمون دقیقاً پشت نقطه شروع نوار باریک قرار گرفت. نحوه انجام آزمون شامل اجرای **آزمون سه جهش متوالی متقاطع** به سمت جلو همراه با پیمودن حداکثر مسافت ممکن و عبور از نوار باریک روی زمین و فرود روی همان پا در هر جهش و نهایتاً حفظ حالت فرود به مدت حداقل سه ثانیه بود و کل مسافت طی شده برای هر پا ثبت شد که شاخص آن همانند شاخص جهش سه‌گانه تک‌پا محاسبه شد. روایی و پایایی این آزمون به ترتیب ۰/۹ و ۰/۸۹ گزارش شده است.^[۱۷]

در **آزمون مدت زمان جهش** نیز آزمون شامل جهش رو به جلو با حداکثر سرعت ممکن و پیمودن کل مسافت شش متر و رسیدن به نقطه انتهایی نوار باریک روی زمین با جهش بدون از دست دادن تعادل بود. ورزشکار پس از انجام دو یا سه کوشش تمرینی، دو مورد جهش تک‌پا زمان‌دار را برای هر دو پا انجام دادند و متوسط مدت زمان کل مسافت طی شده برای هر پا ثبت شد و میانگین زمان به عنوان نمره رکورد ثبت شد.^[۱۶] روایی و پایایی این آزمون به ترتیب ۰/۹ و ۰/۸۷ گزارش شده است.^[۱۷]

به منظور ارزیابی تعادل پویا **آزمون تعادل ستاره تعدیل‌شده** که از آن به عنوان آزمون تعادل وای (Y) نیز نام برده می‌شود، استفاده شد.^[۱۸] برای اجرای آزمون، آزمودنی با پای برتر خود^[۱۷] در مرکز محل آزمون ایستاد (سه متر نواری چسبانده شده روی زمین، به گونه‌ای که علامت صفر مترها در مرکز واقع شده بود و جهت یکی از آن‌ها به سمت قدامی بود و دو متر دیگر با متر جهت قدامی زاویه ۱۳۵ درجه داشتند)، در حالی که با پای دیگر تلاش می‌کردند تا بیشترین حد ممکن در سه جهت آزمون (قدامی، خلفی داخلی و خلفی خارجی) ریش داشته باشد، تعادل خود را حفظ می‌کردند. در زمان رسیدن به بیشترین حد ریش، آزمودنی بسیار آهسته با پای ریش متر را لمس کرد و به وضعیت اولیه آزمون بازگشت. سپس میزان فاصله ریش (که با تقسیم به طول پای فرد و ضربدر عدد ۱۰۰ نرمال شد) اندازه گرفته و تقسیم میانگین سه جهت بر عدد سه، به عنوان میزان اجرا (نمره کامپوزیت) لحاظ شد. طول پا از خار خارهای قدامی فوقانی تا قوزک داخلی با متر نواری اندازه‌گیری شد. به این منظور آزمودنی در وضعیت خوابیده به پشت قرار گرفت، در حالی که زانوها در وضعیت اکستنشن و پاها ۱۵ سانتی‌متر از هم فاصله داشتند.^[۲۰]

پروتکل تمرینات پیش‌رونده پرش-فرود: پروتکل تمرینات پیش‌رونده پرش-فرود مورد استفاده در تحقیق حاضر برگرفته از پروتکل Herrington & Comfort بود که به مدت هشت هفته و هفته‌ای سه جلسه انجام شد. تمرینات مورد نظر در سه مرحله (مرحله اول: تمرینات پرش-فرود (هفته یک تا چهار)، مرحله دوم: تمرینات ترکیبی (هفته پنج تا شش) و مرحله سوم: تمرینات مهارتی (هفته ۷ تا ۸) انجام شد. در این پروتکل بر استراتژی فرود صحیح در آزمودنی‌ها تأکید شد. در حین حرکات، لگن در راستای طبیعی بود و شیف‌طرفی پیدا نکرده و یا دچار افزایش و کاهش قوس نمی‌شد. ران بیشتر از ۴۵ درجه خم شده و دچار اداکشن و چرخش داخلی نشد. زانو بیشتر از ۶۰ درجه خم شده و دچار اداکشن نشد. در لحظه فرود سه ثانیه مکث انجام شد و فرود با حداقل حرکات جبرانی در بدن انجام شد. فرود ۳ ثانیه بدون حداقل حرکت بدن حفظ شد. آزمونگر بازخورد زمان واقعی در رابطه با استراتژی فرود را به خصوص در مراحل اولیه برنامه که ورزشکار در حال آموزش این مهارت گسسته در داخل فاز تمرین مهارت بسته است، داشت. مرحله ترکیب یک مرحله میانی است که در آن برخی عناصر تصادفی در قالب یک تمرین پرش-فرود با هم ادغام می‌شوند، ولی این تمرینات همچنان با زنجیره‌ها یا فعالیت‌های کاملاً مشخصی انجام می‌شود. در فاز ترکیب، ورزشکار تمرین مهارت زنجیره بسته را انجام داد، اما در این حالت عنصر واکنشی مانند اشاره‌های گفتاری وجود داشت. ترکیب عناصر تصادفی‌تر در شرایط پرش یا فرود یک یا دو طرفه شامل دستورات شفاهی آزمونگر بود که

روش‌های آماری: برای بررسی میزان تغییرات درون گروهی از آزمون t زوجی و آزمون آنوا دو در دو با تکرار جهت بررسی تفاوت بین گروهی استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۲) و در سطح آلفای کوچک‌تر و برابر ۰/۰۵ انجام شد.

یافته‌ها

نتایج آزمون t زوجی نشان داد که بعد از اجرای پروتکل تمرینی، تفاوت معناداری در میزان تغییرات درون گروهی همهی مقیاس‌های "عملکرد حرکتی" و تعادل پویا در گروه تجربی (تعادل پویا $(P=0/001)$ ، جهش تک‌پا $(P=0/001)$ ، جهش سه‌گانه تک‌پا $(P=0/001)$ ، جهش سه‌گانه متقاطع تک‌پا $(P=0/001)$ ، مدت زمان جهش تک‌پا $(P=0/001)$) در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون وجود دارد. همچنین هیچ‌گونه تفاوت معنادار در گروه کنترل در هیچ یک از متغیرهای عملکرد حرکتی، در بررسی میزان تغییرات درون گروهی مشاهده نشد. همچنین در مقایسه بین گروهی، نتایج آزمون آنوا دو در دو با تکرار نشان داد که بعد از اجرای پروتکل تمرینی تفاوت معناداری بین گروه کنترل و تجربی وجود دارد که بیان‌کننده اثر تمرینات پیش‌رونده پرش-فرود بر عملکرد حرکتی و کنترل پاسچر فوتبالیست‌های جوان در معرض آسیب ACL می‌باشد.

جدول ۱: میانگین و انحراف استاندارد عملکرد و تعادل پویا و نتایج آزمون آنالیز واریانس دو در دو

شاخص‌های اندازه-گیری	گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	F	معناداری
تعادل پویا (واحد ندارد)	گروه تجربی	۸۵/۴۶±۸/۷۷	۹۳/۰۶±۸/۵۹*	۴۳۰/۵۰۴	* ۰/۰۰۱
	گروه کنترل	۸۱/۶۰±۵/۷۷	۷۹/۸۶±۶/۹۷	۲/۴۱۱	۰/۱۰۲
جهش تک‌پا (سانتی-متر)	گروه تجربی	۵۱۵/۶۶±۸۲/۹۵	۵۲۹/۶۶±۶۸/۲۵*	۹/۸۱۶	* ۰/۰۰۱
	گروه کنترل	۶۶۰/۳۳±۹۷/۴۳	۵۶۳/۶۶±۹۷/۹۵	۰/۱۵۲	۰/۸۵۹
جهش سه‌گانه تک‌پا (سانتی‌متر)	گروه تجربی	۴۵۲/۶۶±۸۰/۲۱	۴۷۳/۰۰±۷۷/۶۶*	۱۳/۶۵۸	* ۰/۰۰۱
	گروه کنترل	۴۶۵/۰۰±۷۵/۰۱	۴۶۶/۶۶±۷۵/۹۳	۰/۵۴۹	۰/۵۸۱
جهش سه‌گانه متقاطع تک‌پا (سانتی‌متر)	گروه تجربی	۴۶۷/۳۳±۶۵/۵۱	۴۷۶/۳۳±۶۷/۳۳*	۸/۸۰۶	* ۰/۰۰۶
	گروه کنترل	۴۵۸/۳۳±۷۶/۱	۴۶۲/۳۳±۷۵/۵۱	۰/۳۱۳	۰/۷۳۳
مدت زمان جهش تک‌پا (ثانیه)	گروه تجربی	۲/۵۹±۰/۳۹	۲/۰۵±۰/۳۶*	۴۰/۱۰۱	* ۰/۰۰۴
	گروه کنترل	۲/۶۰±۰/۳۹	۲/۶۱±۰/۳۹	۰/۰۲۱	۰/۹۷۹

* سطح معناداری $P \leq 0/05$

بحث

هدف از تحقیق حاضر بررسی اثربخشی هشت هفته تمرینات پیش‌رونده پرش-فرود بر عملکرد حرکتی و کنترل پاسچر فوتبالیست‌های جوان در معرض خطر آسیب ACL بود. نتایج این تحقیق نشان داد که بعد از پروتکل تمرینی تغییرات معناداری در میزان شاخص‌های تعادل پویا $(P=0/001)$ ، میزان تغییرات $(=8\%)$ ، جهش تک‌پا $(P=0/001)$ ، میزان تغییرات $(=5\%)$ ، جهش سه‌گانه تک‌پا $(P=0/001)$ ، میزان تغییرات $(=5\%)$ ، جهش سه‌گانه متقاطع تک‌پا $(P=0/001)$ ، میزان تغییرات $(=3\%)$ ، مدت زمان جهش تک‌پا $(P=0/001)$ ، میزان تغییرات $(=20\%)$ ایجاد شده است. همچنین در مقایسه بین گروهی نتایج نشان داد که تفاوت آماری معناداری بین دو گروه تجربی و کنترل یافت شد که نشان‌دهنده اثر این نوع تمرینات بر عملکرد حرکتی و کنترل پاسچر می‌باشد.

نتایج تحقیق حاضر با نتایج مطالعات Stearns و همکاران $(2014)^{[۲۳]}$ ، Dai و همکاران $(2014)^{[۲۴]}$ ، Beaulieu و همکاران $(2013)^{[۲۵]}$ ، Hart و Hertel $(2013)^{[۲۶]}$ ، محمدی و همکاران $(1394)^{[۱۷]}$ ، Myer و همکاران $(2008)^{[۲۷]}$ ، Zebis و همکاران $(2008)^{[۲۸]}$ ، هم‌راستا می‌باشد، اما با نتایج مطالعات هیث و همکاران $(2014)^{[۲۹]}$ ، بلک بورن و همکاران (2014) بیان کردند احتمالاً تعداد کم آزمودنی و زمان کوتاه پروتکل تمرینی از علل کاهش تاثیرگذاری بر روی متغیرهای کینماتیکی آسیب ACL بود. Stearns (2013) در یک برنامه تمرینی ۴ هفته‌ای پرش-فرود در زنان ۱۸ تا ۲۵ سال که شامل تمرینات پلائیومتریک متمرکز بر روی عملکرد عضلات ران و تمرینات تعدلی (۳ روز در هفته و ۳۰ دقیقه در هر جلسه) بود، بیان کردند که این برنامه تمرینی باعث ارتقای عملکرد عضلات ران و همچنین باعث کاهش خطر آسیب ACL در آزمودنی‌ها گردید. Dai و همکاران (2014) اثر تمرینات پلائیومتریک را بر پیشگیری از آسیب ACL در دختران ورزشکار دبیرستانی بررسی کردند. این ورزشکاران در جلسات تمرین خود ۲۰ دقیقه تمرین پرش-فرود انجام می‌دادند و تمرین آنها ۹ هفته و دهمبار در طی هفته انجام می‌شد. این تحقیق نشان داد که تمرین پلائیومتریک بر کاهش آسیب ACL تاثیر معناداری ندارد. Heidt و همکاران (2014) اثر یک جلسه تمرین پلائیومتریک و یک جلسه تردمیل در هفته را بر ورزشکاران دختر فوتبالیست دبیرستانی بررسی کردند که در این تحقیق نیز تمرینات در کاهش آسیب ACL اثر معناداری نداشت. Beaulieu (2013)

همکاران^[۲۵] به بررسی تمرینات پرش-فرود (دوپا و یک پا) بر روی ۲۱ زن فعال پرداختند؛ نتایج این تحقیق افزایش اوج گشتاور دورکننده-های زانو و همچنین کاهش زاویه والگوس بود. در این تحقیق تاثیر فیدبک را روی آزمودنی‌ها در حین تمرین بررسی کردند و یافتند که ارائه فیدبک تأثیری بر مکانیک زانو هنگام فرود نداشته است. Hart و Hertel^[۲۶] دو نوع تمرین ثبات مرکزی و پلائیومتریک را به مدت ۴ هفته بر روی ۲۳ زنان جوان فوتبالیست انجام دادند. محققین این تمرینات را در ۲۰ دقیقه آخر تمرین ورزشکاران قرار دادند، نتایج به دست آمده نشان داد که تمرینات پلائیومتریک کاهش محدودیت حرکتی فلکشن زانو را به دنبال دارد و دامنه حرکتی چرخش زانو را نیز کاهش می‌دهد. تمرینات ثبات مرکزی کاهش دامنه حرکتی فلکشن زانو را دارد، ولی محدوده حرکتی چرخش داخلی زانو را افزایش می‌دهد. تمرینات ثبات مرکزی گشتاور مفصل را در چرخش داخلی ران افزایش داد. بنابراین برای پیشگیری از آسیب ACL و آسیب‌های مفصل ران مفید می‌باشد، در صورتی که تمرینات پلائیومتریک گشتاور مفصل را در چرخش داخلی زانو افزایش داده؛ بنابراین فقط برای پیشگیری از آسیب ACL مفید است.

از جمله دلایل احتمالی افزایش تعادل ناشی از تمرینات پیش‌رونده پرش-فرود می‌توان به تسهیل و همزمان‌سازی واحدهای حرکتی تند انقباض و بزرگ، تحریک دوک‌های عضلانی، کاهش اثر خودمهارى اندام‌های وتري گلژی و همچنین افزایش در هماهنگی عضلات درگیر در فعالیت‌های هم‌انقباضی اشاره کرد. با تحریک دوک‌های عضلانی، انقباض عضلانی باعث افزایش فعالیت اعصاب وایران گامای موجود در دوک‌ها می‌شود و افزایش این حساسیت در دوک‌ها حس وضعیت مفصل را بهبود می‌بخشد که در کنترل مفصل تأثیر بسزایی دارد.^[۲۹] دلایل احتمالی دیگر افزایش تعادل پویا متعاقب تمرینات استفاده‌شده در این تحقیق را می‌توان تغییر یافتن بازخورد مکانورسپتورها دانست که منجر به سازماندهی مجدد سیستم عصبی مرکزی و یکپارچگی حسی حرکتی شده و موجب تغییر در پاسخ حرکتی می‌شود.^[۳۰] همچنین می‌توان به فعال‌سازی گیرنده‌های حسی عمقی، آماده‌سازی نرون‌های حرکتی در گروهی از عضلات و مفاصل برای انجام حرکت، افزایش هماهنگی و یکپارچگی واحدهای حرکتی، هم‌انقباضی عضلات همکار و افزایش بازدارندگی عضلات مخالف اشاره کرد.^[۳۱]

از دیگر نتایج حاصله تاثیر معنادار تمرینات پیش‌رونده پرش-فرود بر عملکرد حرکتی فوتبالیست‌های جوان در معرض آسیب ACL بود. نتایج تحقیق حاضر با نتایج مطالعات Stearns^[۳۳]، Dai و همکاران^[۳۴] (۲۰۱۴)، Beaulieu و همکاران^[۲۵] (۲۰۱۳)، Hart و Hertel^[۲۶] (۲۰۱۳)، همخوان می‌باشد. تأثیر تمرینات پیشگیرانه مختلفی با استفاده از روش‌های مختلف (با استفاده از آزمون‌های متنوع) بر عملکرد حرکتی افراد مورد بررسی قرار گرفته است. فاکتورهای عملکرد حرکتی مورد بررسی قرار گرفته در تحقیقات گذشته شامل ارتفاع پرش عمودی، سرعت، قدرت ایزوکینتیک اندام تحتانی، تقارن در اجرای آزمون‌های هایپینگ، تخمین حداکثر توان هوازی، چابکی، قدرت عضلات ران و تکلیف‌های ورزشی ویژه هستند. در تحقیقات مداخله‌ای مختلف، افزایش معناداری در عملکرد ورزشی مشاهده شده است. بنابراین از آنجا که بنا به ماهیت، ورزش فوتبال دارای پرش‌ها و فرودهای مکرر و تکنیک‌های دارای تعلیق می‌باشد، در این تحقیق نیز نویسندگان سعی بر آن کردند که از پروتکل مرتبط دارای این ویژگی‌ها استفاده کنند. بنابراین شاید تمرینات پیش‌رونده پرش-فرود بهترین گزینه برای این گروه باشد. تمرینات پیش‌رونده پرش-فرود احتمالاً باعث افزایش ثبات مرکزی در ورزشکاران می‌شود. ثبات مرکزی باعث ثبات بدن در طول حرکت می‌شود که یک پیش‌زمینه حیاتی برای بهبود قدرت و توان است، در غیر این صورت جبرانی اتفاق می‌افتد که می‌تواند عدم تعادل بدن را در طولانی‌مدت افزایش دهد.^[۱۴]

عملکرد ورزشی برتر به طور معمول به ورزشکارانی که توان، سرعت و تعادل بیشتری دارند، نسبت داده می‌شود و عدم تقارن اندام به نظر می‌رسد خطر آسیب را افزایش می‌دهد. بنابراین با توجه به اینکه نمرات عملکرد حرکتی آزمودنی‌ها بعد از انجام هشت هفته تمرینات پیش-رونده پرش-فرود بهبود پیدا کرده است، احتمالاً بتوان گفت که حرکات ناقص و نامتقارن در حرکات صدمه‌زا آزمودنی‌ها کاهش پیدا کرده است که همین عامل می‌تواند یکی از دلایل اثرگذاری تمرینات مذکور باشد. از طرفی دیگر، در سال‌های اخیر، مریبان از آزمون‌های هایپینگ به عنوان ابزار ارزیابی توانایی عملکردی ورزشکاران استفاده کرده‌اند. آزمون‌های هایپینگ جهت شناسایی نقص‌های افزایش‌دهنده خطر آسیب استفاده شده است. نقص‌های حرکتی که خطر آسیب را افزایش می‌دهد، از لحاظ تئوری می‌تواند بر عملکرد ورزشی تاثیر گذارد. این ارتباط می‌تواند ارزش زیادی برای ورزشکاران به عنوان اصلاح ناکارآمدی حرکتی شناسایی شده به وسیله آزمون‌های هایپینگ داشته باشد.^[۳۰]

نقص در کنترل عصبی-عضلانی نقش مهمی در خطر آسیب‌دیدگی بازی می‌کند. این متغیرها از عوامل قابل اصلاح هستند. کاهش کنترل عصبی-عضلانی تنه و اندام تحتانی، احتمال وضعیت والگوس در اندام تحتانی را افزایش می‌دهد و احتمال آسیب لیگامان صلیبی قدامی را بالا می‌برد. شناسایی این ایمبالانس‌های عصبی-عضلانی هم می‌تواند در شناسایی و غربالگری ورزشکاران در معرض خطر آسیب‌دیدگی کمک نماید و هم می‌تواند در طراحی تمرینات مداخله‌ای برای نقص‌های ویژه مورد استفاده قرار بگیرد. شناسایی ورزشکاران در خطر می‌تواند اولین وظیفه قبل از طراحی تمرینات پیشگیری از آسیب باشد. بیشتر تمرینات مداخله‌ای تاثیرگذار شامل برنامه‌هایی چون تمرینات کششی، قدرتی، ایروبیکی، پلائیومتریک، تمرینات آگاهی از وضعیت بدن و تمرینات پروپریوسپتیو بود.^[۳۰] تمرینات پرش-فرود و پروپریوسپتیو از رایج‌ترین برنامه‌های کاهش خطر آسیب‌های غیربرخوردی لیگامان صلیبی قدامی است. این تمرینات

موجب کاهش خطر فاکتورهای آسیب لیگامان صلیبی قدامی (شامل کاهش نیروهای فرود، کاهش گشتاور واروس/والگوس و افزایش فعال سازی عضلانی) می شود. در جوامع سالم، آزمون های عملکردی می تواند برای شناسایی تقارن یا ضعف اندام غیرطبیعی استفاده شود و به دلیل اینکه نیازمند حداقل زمان و لوازم می باشد، به عنوان یک ابزار کلینیکی مفید در نظر گرفته می شود.^[۳۱] Hamilton (۲۰۰۶) در مطالعه خود، آزمون لی لی سه گانه را به عنوان یک پیش بینی کننده قوی و مثبت در عملکرد تست های قدرت و توان معرفی می کند. آزمون لی لی تک پا به عنوان یک تست عملکردی در نظر گرفته شده و در منابع مختلف در تعیین آمادگی برای شرکت در فعالیت، مفید گزارش شده است. آزمون لی لی تک پا به طور عمومی به عنوان معیارهای عملکرد و در ارزیابی پیش بین در برنامه های بازتوانی زانو و به طور خاص در افرادی که در دوره نقاهت پس از جراحی لیگامنت صلیبی قدامی می باشند، استفاده می شود.^[۳۱]

آزمون لی لی زیگزاگ با حساسیت ۸۸ درصد در شناسایی و پیش بینی عملکرد زانو در محدوده نرمال، بسیار دقیق می باشد.^[۳۱] آزمون لی لی زیگزاگ به عنوان طاقت فرساترین آزمون لی لی شناخته می شود که نیرو را در صفحه عرضی و فرونتال در ترکیب با چند لی لی در صفحه ساجیتال تحمیل می کند.^[۳۲] نتایج این یافته ها با نتایج حاصل از مطالعه Marina و همکاران (۲۰۱۴) (که به بررسی تأثیر شش هفته تمرینات مقاومتی روی عملکرد پریدن ژیمناست های ۱۳-۱۰ ساله پرداختند)، همخوان بود.^[۳۲] Marina در مطالعه خود بیان کرد که هر دو نوع تمرینات مقاومتی اختصاصی و غیراختصاصی در عملکرد پریدن ژیمناست های ریتیمیک تأثیر معناداری داشته است و با یک افزایش ۶-۷ درصد در قدرت اندام تحتانی همراه بوده و تست لی لی (که سفتی و ثبات پا را ارزیابی می کند)، بعد از تمرینات مقاومتی غیراختصاصی بهبود پیدا می کند. در مطالعه ی نیکول و همکاران عنوان شد که استفاده از تمرینات پلايومتریک باعث افزایش ثبات زانو می شود، حتی اگر بهبود معناداری در عملکرد اتفاق نیفتد. همچنین پیشرفت کم، اما معناداری در ارتفاع پرش عمودی به دست آمد.^[۳۲] از بین بخش های مختلف بدن، اندام تحتانی در معرض صدمات ورزشی بیشتری بوده که از جمله شایع ترین این آسیب ها می توان به پارگی لیگامان صلیبی قدامی اشاره کرد. از آزمون های عملکردی پیش گوی این آسیب، آزمون لی لی می باشد که ثبات و سفتی مفصل زانو را نمایان می سازد.^[۳۲]

تمرینات پیش رونده پرش-فرود احتمالاً با تأثیرگذاری زمان بندی و میزان فعالیت عضلات به اندام ها این امکان را می دهد که در حین انجام حرکات مختلف در محدوده لازم، تحرک داشته باشد و از آسیب هایی که به دلیل تأخیر در فعالیت عضلات، میزان فعالیت کم در برخی عضلات و فعالیت بیشتر در برخی دیگر از عضلات (ایمبالانس زمان بندی و میزان فعالیت)، محدودیت دامنه ی حرکتی و کوتاهی عضلات به وجود می آید، جلوگیری کند.^[۳۱]

تمرینات پیش رونده پرش-فرود همچنین از تمرینات ثبات دهنده مرکزی نیز برخوردار است و احتمالاً این تمرینات با ایجاد ثبات پوسچرالی که برای فرد به وجود می آورند، به فرد این امکان را می دهد که در آزمون های عملکردی از شرایط و نتیجه ی بهتری برخوردار شود. تمرینات ناحیه ی مرکزی تنه کارایی سیستم عصبی-عضلانی را بهبود می بخشد که موجب حرکت مطلوب مفاصل کمر، لگن و ران در طول زنجیره ی حرکتی عملکردی، شتاب گیری یا کاهش شتاب مناسب، تعادل عضلانی مناسب، تقویت ثبات پروگزیمال و قدرت عملکردی می شود. این اثرات منجر به عملکرد مطلوب و افزایش قدرت عضلات اندام تحتانی می شود که می تواند تثبیت مفاصل را مناسب تر انجام دهد و در نهایت احتمال خطر وقوع آسیب در اندام تحتانی را کاهش دهد.^[۱۶] همچنین می توان بیان کرد این تمرینات، سیستم حسی-حرکتی را تحریک می کند و موجب افزایش هماهنگی و سفتی مفصلی می شود و با توجه به اینکه فرود مناسب، نیازمند عملکرد مطلوب سیستم های عصبی-عضلانی و حس عمقی در زانو است^[۱۶]، می توان اذعان داشت افزایش توانایی های حس عمقی و عصبی-عضلانی از مهم ترین عوامل مؤثر بر حفظ تعادل هنگام فرود بر مفاصل اندام تحتانی از جمله زانو و کاهش آسیب در این اندام است.^[۳۲] از این رو، ممکن است اثر تمرینات پیش رونده پرش-فرود که همراه با تمرینات رایج فوتبال در گروه تجربی استفاده شده است، سبب تفاوت معنادار با گروه کنترل در عملکرد پای غالب بازیکنان فوتبال شده باشد. پژوهش Barendrecht و همکارانش (۲۰۱۱) نشان داد بین اثر ترکیبی تمرینات عصبی-عضلانی و خاص هندبال در مقایسه با تمرینات صرفاً ویژه هندبال، در بهبود والگوس زانو در افرادی که بالای سطح میانگین قرار گرفته اند، (کسانی که والگوس زانوی اولیه آنها بیشتر از میانگین جامعه مطالعاتی بوده است) اختلاف معناداری وجود دارد و در افرادی که والگوس زانوی آنها مساوی یا زیر میانگین بوده، اثر این تمرینات معنادار نبوده است که احتمالاً شرایط سنی آن متفاوت است و نمونه های آماری آن نیز به صورت ترکیبی از دو جنسیت انتخاب شده و نتایج آن از یکدیگر تفکیک نشده است.^[۱۵]

نتیجه گیری

در نهایت با توجه به نتایج مطالعه حاضر احتمالاً با شناسایی به موقع افراد جوان که در معرض آسیب رباط متقاطع قدامی زانو و اعمال مداخله از طریق تمرینات پیش رونده پرش-فرود در بهبود عملکرد حرکتی و تعادل پویا هستند، بتوان گام مثبتی در جهت پیشگیری از آسیب افراد در معرض خطر آسیب ACL برداشت. اگر محققین در این پژوهش از دستگاه الکترومایوگرافی برای اندازه گیری فعالیت عضلانی، دستگاه تجزیه و تحلیل حرکت برای بررسی متغیرهای کینماتیکی و نیز دستگاه صفحه نیرو برای اندازه گیری کینتیک استفاده می کردند، به مراتب می توانستند توجیهات قوی تری را در بحث یافته ها انجام دهند.

محققان در تحقیق حاضر برای انتخاب آزمودنی‌ها از آزمون‌های غربالگری عملکردی کوک و همکاران استفاده کردند. با توجه به اینکه احتمال می‌رود نتایج این آزمون‌ها به دقت قادر به غربالگری کامل حرکتی نباشد، توصیه می‌شود در تحقیقات آینده محققان برای غربالگری اولیه ورزشکاران از آزمون‌هایی با دقت بالا مانند آزمون‌های کنترل حرکت و ماتریکس حرکتی استفاده کنند. همچنین با توجه به اینکه شروع و پایان آزمون‌های عملکردی به صورت چشمی در تحقیق مورد بررسی قرار گرفت و احتمال دارد این روش دارای خطاهای خاصی در نمره‌گذاری باشد، توصیه می‌شود برای تحقیقات آینده در این زمینه از دستگاه‌های فوتوفینیش استفاده گردد.

پیشنهادات

نتایج پژوهش حاضر نشان داد هشت هفته تمرینات پیش‌رونده پرش-فرود بر نمرات آزمون‌های هایپینگ (عملکرد حرکتی) فوتوبالیست‌های مرد تاثیر دارد؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود که از این تمرینات به منظور بهبود عملکرد حرکتی و تعادل پویا در نتیجه آن ارزشیابی آمادگی ورزشکار استفاده گردد.

با توجه به اینکه آزمون‌های هایپینگ در مراحل مختلف توانبخشی آسیب‌های زانو مورد استفاده قرار می‌گیرند و در این تحقیق هشت هفته تمرینات پیش‌رونده پرش-فرود منجر به بهبود نمرات این آزمون‌ها شده است، پیشنهاد می‌شود که متخصصان تمرین درمانی و توانبخشی ورزشی در مراحل توانبخشی آسیب‌های زانو، از این گونه تمرینات استفاده کنند. پیشنهاد می‌شود که محققین آینده با در نظر گرفتن محدودیت‌های پژوهش حاضر، با استفاده از جامعه‌ای وسیع‌تر و ابزارهای دقیق‌تر به بررسی تاثیر تمرینات مورد استفاده در تحقیق پیش‌رو و مقایسه تاثیر این تمرینات با دیگر انواع تمرینات پیشگیرانه بپردازند.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری آقای مصطفی پورکیانی می‌باشد. نویسنده این مقاله مراتب تشکر و سپاس خود را از اساتید راهنما و مشاوران محترم اعلام می‌دارد. همچنین از کلیه آزمودنی‌های شرکت‌کننده در این تحقیق و کسانی که به هر نحوی در انجام تحقیق حاضر یاری رساندند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. Nagano Y, H Ida, Akai M, Fukubayashi T. Gender differences in knee kinematics and muscle activity during single limb drop landing. *The Knee*, 2007; 14(3): 218-223.
2. Griffin LY, Albohm MJ, Arendt EA, Bahr R, Beynon BD, DeMaio M. Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sport Med*, 2006; 34(9): 1512.
3. Norris CM. *sports injuries: Diagnosis and management*: Butterworth Heinemann, 2004: 33- 45.
4. Boden BP, Torg JS, Knowles SB. Video analysis of anterior cruciate ligament injury: Abnormalities in hip and ankle kinematics. *Am J Sport Med*, 2009; 37:252-259.
5. Hewett TE, Zazulak BT, Myer GD, Ford KR. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes. *Am J Sport Med*, 2005; 33(4): 492-501.
6. Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Rationale and clinical techniques for anterior cruciate ligament injury prevention among female athletes. *J Athl Train*, 2004; 39(4): 352-364.
7. Padua DA, Marshall SW. Evidence supporting ACL-injury prevention exercise programs: a review of the literature. *Athl Ther Today*, 2006; 11:11-23.
8. Hewett T, Ford KR, Hoogenboom BJ, Myer GD. Understanding and preventing ACL injuries: current biomechanical and epidemiologic considerations - update 2010. *N Am J Sport Phys Ther*, 2010; 5(4): 234-251.
9. Mandelbaum BR, Silvers HJ, Watanabe DS, Knarr JF, Thomas SD, Griffin, LY. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *Am J Sport Med*, 2005; 33:1003- 1010.
10. Hewett TE, Stroupe LA . Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques. *Am J Sport Med*, 1996(24): 765-773.
11. Petersen W, Braun C, Bock W, Schmidt K, Weimann A, Drescher W. A controlled prospective case control study of a prevention training program in female team handball players: the German experience. *Arch Orthop & Trauma Surg*, 2005; 125: 614-621.
12. Krosshaug T, Nakamae A, Boden BP, Engebretsen L, Smith G, Slauterbeck JR. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: Video analysis of 39 cases. *Am J Sport Med*, 2007; 35: 359-367.
13. Hurd WJ, Chmielewski TL, Snyder-Mackler L. Perturbation enhanced neuromuscular training alters muscle activity in female athletes. *Knee Surg Sport Traumatol, Arthrosc*, 2006; 14: 60-69.
14. Olsen, O. E. Myklebust, G. Engebretsen, L. Bahr, R. Injury pattern in youth team handball: A comparison of two prospective registration methods. *Scand J Med Sci Sports*, 2006; 16:426-432.
- 15.

16. Barendrecht, M. Lezeman, H. C. A. Duysens, J. Smits-Engelsman, BCM. Neuromuscular training improves knee kinematics, in particular in valgus aligned adolescent team handball players of both sexes. *J Strength Cond Res*, 2011; 25(3): 575-584.
17. Mohammadi, H., Daneshmandi, H., Alizadeh, M., Shams Majalan, A. Check Neuromuscular effective screening tests in non-contact anterior cruciate ligament injury (review article). *Journal of Kurdistan University of Medical Sciences*, 2015, 20, p: 105-85. [In Persian]
18. Mohammadi H, Daneshmandi H, Alizadeh MH, Shamsimajelan A. The Effect of ACL Intervention Programs on the Improvement of Neuromuscular Deficiencies and Reducing the Incidence of ACL Injury: A Review Article. *J Rehab Med*, 2015; 4(2): 159-169. [In Persian]
19. Marsh Dw, Richard La, Williams LA, linch Kj. The relationship between balance and pitching in college baseball pitchers. *J Strength Con Res*, 2004; 18(4): 441-56
20. Krosshaug T, Nakamae A, Boden BP, Engebretsen L, Smith G, Slauterbeck JR, and et al. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball. *Am J Sport Med*, 2007; 35 :359-67.
21. Anderson AF, Dome DC, Gautam S, Awh MH, Rennirt GW. Correlation of anthropometric measurements, strength, anterior cruciate ligament size, and intercondylar notch characteristics to sex differences in anterior cruciate ligament tear rates. *Am J Sport Med*, 2001; 29:58-66.
22. Herrington LC, and Comfort P. Training for Prevention of ACL Injury: Incorporation of Progressive Landing Skill Challenges Into a Program. *Stren and Condition*, 2013; 35(6): 59-65.
23. Blackburn JT, Norcross MF. The effects of isometric and isotonic training on hamstring stiffness and anterior cruciate ligament loading mechanisms. *J Electromyography & Kinesiology*, 2014; 24: 98-103.
24. Stearns KM, Powers CM. Improvements in hip muscle performance result in increased use of the hip extensors and abductors during a landing task. *Am J Sport Med*, 2014; 42(3): 602-9.
25. Dai D, Mao D, William E, Garrett Y. Anterior cruciate ligament injuries in soccer: Loading mechanisms, risk factors, and prevention programs. *J Sport & Health Sci*, 2014; 3(4): 299-306.
26. Beaulieu ML, Palmieri-Smith RM. Real-time feedback on knee abduction moment does not improve frontal-plane knee mechanics during jump landings. *Scand J Med Sci Sports*, 2014; 24(4): 692-9.
27. Hart, H. Hertel, K. Different Exercise Training Interventions and Drop-Landing Biomechanics in High School Female Athletes, *J Athl Train*, 2013; 48(4):450-62.
28. Myer GD, Ford KR, Palumbo JP. Neuromuscular training improves performance and lower-extremity biomechanics in female athletes. *J Strength Cond Res*, 2005; 19:51-60.
29. Zebis MK, Bencke J, Andersen LL, Dossing S, Alkjaer T, Magnusson SP, Kjaer M, Aagaard P. The effects of neuromuscular training on knee joint motor control during sidcutting in female elite soccer and handball players. *Clin J Sport Med*, 2008; 18:329-337.
30. Heidt RS, Sweeterman LM, Carlonas RL, Traub JA, Tekulve FX. Avoidance of soccer injuries with preseason conditioning. *Am J Sport Med*, 2014; 28: 659-662.
31. Cook E, Burton L, Hogenboom B. The use of fundamental movements as an assessment of function- part 1. *North Am J Sport Phys Ther*, 2006; 1(2): 62-72.
32. Hamilton R. Single-leg Triple Hop Test as a Predictor of Lower Limb Strength, Power, and Balance. *J Athl Train*, 2008; 43(2): 144-151.
33. Marina P, Claudia B, Giovanni F, Giovanni I. Effects of resistance training on jumping performance in pre-adolescent rhythmic gymnasts: a randomized controlled study. *Ital J anatomy & embryol*, 2014; 119(1): 10-19.