

Original Article

Effect of eight weeks of jump- landing exercise on feedforward and feedback activation of selected trunk and lower extremity muscles and lower extremity performance in active females

Leila Keshavarz¹, Amir Letafatkar^{2*}, Malihe Hadadnezhad²

¹Department of Physical Education and Sport Sciences, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.

²Department of Biomechanic and Sport Injuries, School of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.

*Corresponding author; E-mail: letafatkaramir@yahoo.com

Received: 1 October 2016 Accepted: 18 December 2016 First Published online: 13 December 2018

Med J Tabriz Uni Med Sciences Health Services. 2018 December - 2019 January; 40(5):72-82

Abstract

Background: Jump and landing is the characteristics of most sports and one of the main mechanisms of anterior cruciate ligament injuries. Researchers believed mechanism-based designing the preventive exercises can possibly have a better effectiveness. The aim of this study was to evaluate the effect of eight weeks of jump- landing exercise on feedforward and feedback activation of selected trunk and lower extremity muscles and performance in active females.

Methods: In this quasi- experimental study, 25 active females age ranged 18-26 years were participated. The electromyography device ME6000 model and triple hop test were used for muscle activity (hamstring, quadriceps, gluteus medius and maximus in drop landing) and performance evaluation respectively. After pre test, the experimental group underwent to Herrington et al eight weeks of jump- landing exercises. After implementation of training, post test of electromyography and performance were done similar to pre test and data were statistically analysed by using independent and sample t tests.

Results: Results of paired t test revealed that the jump- landing exercises led to significant differences in feedforward and feedback activation [VM($P_{ff}=0/002$, $P_{fb}=0.001$), VL($P_{ff}=0.001$, $P_{fb}=0.021$), RF($P_{ff}=0.004$, $P_{fb}=0.001$), MH($P_{ff}=0.001$, $P_{fb}=0.001$), LH($P_{ff}=0.001$, $P_{fb}=0.034$), G_{med} ($P_{ff}=0.001$, $P_{fb}=0.001$) and G_{max} ($P_{ff}=0.001$, $P_{fb}=0.001$)] and performance($P=0.001$) in experimental group from pre test to post test whereas there was no significant differences in control group.

Conclusion: It can be concluded that jump- landing exercises with modifying and optimizing the knee stabilizer activation and in other hand with improving the performance might have important role in anterior cruciate ligament injury in active females.

Keywords: Anterior Cruciate Ligament, Injury Prevention, Electromyography, Feedforward Activity, Feedback Activity

How to cite this article: Keshavarz L, Letafatkar A, Hadadnezhad M. [Effect of eight weeks of jump- landing exercise on feedforward and feedback activation of selected trunk and lower extremity muscles and lower extremity performance in active females]. Med J Tabriz Uni Med Sciences Health Services. 2018 December - 2019 January;40(5):72-82. Persian.

مقاله پژوهشی

تاثیر هشت هفته تمرین پرش- فرود بر فعالیت فیدفورواردی و فیدبکی برخی عضلات منتخب تنه و اندام تحتانی و عملکرد اندام تحتانی زنان فعال

لیلا کشاورز^۱، امیر لطافت کار^{۲*}، ملیحه حدادنژاد^۳

^۱دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، کرج، ایران
^۲گروه بیومکانیک و آسیب شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
^۳نویسنده مسئول: ایمیل letafatkaramir@yahoo.com

دریافت: ۱۳۹۵/۷/۱۰ پذیرش: ۱۳۹۵/۹/۲۸ انتشار برخط: ۱۳۹۷/۹/۲۲
مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی- درمانی تبریز. ۱۳۹۷ آذر و دی؛ ۴۰(۵):۷۲-۸۲

چکیده

زمینه: پرش و فرود از ویژگی‌های اکثر ورزش‌ها و از مکانیسم‌های اصلی آسیب لیگامان صلیبی قدامی محسوب می‌شود. محققان عقیده دارند طراحی تمرینات پیشگیرانه مکانیسم‌محور احتمالاً بتواند اثرگذاری بهتری به همراه داشته باشد. هدف کلی این پژوهش بررسی تاثیر هشت هفته تمرینات پرش- فرود بر فعالیت فیدفورواردی و فیدبکی برخی عضلات منتخب تنه و اندام تحتانی و عملکرد حرکتی زنان فعال بود. روش کار: در این تحقیق نیمه تجربی، ۲۵ زن فعال ۱۸ تا ۲۶ ساله شرکت کردند. جهت بررسی فعالیت الکتریکی عضلات (عضلات همسترینگ، کوادریسپس و گلو تئوس مدیوس و ماگزیموس در فرود از روی پله) و عملکرد حرکتی به ترتیب از دستگاه الکترومیوگرافی سطحی مدل ME6000 و آزمون لی سه گانه استفاده شد. بعد از انجام پیش آزمون، آزمودنی‌های گروه تجربی تحت برنامه تمرینی هشت هفته‌ای پرش- فرود پیشرونده هرینگتون و همکاران قرار گرفتند. بعد از انجام تمرینات، پس آزمون الکترومیوگرافی و عملکرد حرکتی مانند پیش آزمون انجام شده و داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج آزمون تی زوجی نشان داد که تمرینات پرش- فرود منجر به ایجاد تغییرات معنادار در نمرات فعالیت فیدفورواردی و فیدبکی [واستوس- مدیالیس (P=۰/۰۰۲، P=۰/۰۰۱ فیدفورواردی)، واستوس لترالیس (P=۰/۰۰۱، P=۰/۰۲۱ فیدفورواردی)، رکتوس فموریس (P=۰/۰۰۴، P=۰/۰۰۱ فیدفبکی)، مدیال همسترینگ (P=۰/۰۰۱، P=۰/۰۰۱ فیدفورواردی)، لترال همسترینگ (P=۰/۰۰۱، P=۰/۰۳۴ فیدفورواردی)، گلو تئوس مدیوس (P=۰/۰۰۱، P=۰/۰۰۱ فیدفورواردی)، (P=۰/۰۰۱، P=۰/۰۰۱ فیدفورواردی)] و عملکرد حرکتی (P=۰/۰۰۱) گروه تجربی از پیش آزمون به پس آزمون می- شود در حالی که تفاوت در گروه کنترل معنادار نبود. **نتیجه‌گیری:** تمرینات پرش- فرود با تعدیل و بهینه کردن میزان فعالیت عضلات ثبات‌دهنده زانو، و از طرفی دیگر بهبود عملکرد حرکتی افراد احتمالاً می- توانند نقش مهمی در کاهش آسیب‌دیدگی ACL در زنان فعال داشته باشند.

کلید واژه‌ها: لیگامان صلیبی قدامی، پیشگیری از آسیب، فعالیت الکتریکی عضله، فعالیت فیدفورواردی، فعالیت فیدبکی

نحوه استناد به این مقاله: کشاورز ل، لطافت کار، حدادنژاد م. تاثیر هشت هفته تمرین پرش- فرود بر فعالیت فیدفورواردی و فیدبکی برخی عضلات منتخب تنه و اندام تحتانی و عملکرد اندام تحتانی زنان فعال. مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی- درمانی تبریز. ۱۳۹۷؛ ۴۰(۵):۷۲-۸۲

حق تالیف برای مؤلفان محفوظ است.

این مقاله با دسترسی آزاد توسط دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی- درمانی تبریز تحت مجوز کرییتیو کامنز (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>) منتشر شده که طبق مفاد آن هرگونه استفاده تنها در صورتی مجاز است که به اثر اصلی به نحو مقتضی استناد و ارجاع داده شده باشد.

مقدمه

شایع‌ترین آسیب لیگامانی زانو، آسیب ACL (anterior cruciate ligament) می‌باشد (۱) که در ورزشکاران جوان ۱۵ تا ۲۵ ساله شیوع بیشتری دارد و مکانیسم آن حدود ۷۰ درصد بصورت غیر برخوردی و ۳۰ درصد برخوردی اتفاق می‌افتد (۲). آسیب‌های غیربرخوردی ACL معمولاً حین کاهش شتاب، فرود از پرش یا هنگام چرخش و آماده شدن برای انجام مانورهای برشی رخ می‌دهند (۳). میزان پارگی ACL یک مورد در هر نفر در سال برآورد شده است (۴). زنان به لحاظ آناتومیکی، بیومکانیکی، فیزیولوژیکی و عصبی - عضلانی هشت برابر بیشتر از مردان در معرض آسیب ACL قرار دارند. برخی از ویژگی‌ها باعث می‌شود که زنان در هنگام مانورهای آسیب‌رسانی مانند پرش و فرود دارای مکانیسم‌های جبرانی شده و در نهایت صدمات بیشتری دریافت کنند. علاوه بر تفاوت‌های جنسیتی در فعال‌شدگی عضلات کوادریسپس و همسترینگ، تفاوت در زمانبندی فعالیت این دو گروه عضلانی در تحقیقات اندکی گزارش شده است، از طرف دیگر در برخی از تحقیقات طی حرکت فرود تاخیر در شروع فعالیت نیمه غشایی مردان در حرکت تماس پا با زمین نسبت به زنان ورزشکار گزارش شده است که این مورد می‌تواند یک مکانیسم حفاظتی باشد که اجازه می‌دهد عضله همسترینگ فعالیت بیشینه‌ای همزمان با حرکت برش قدامی تبیبا داشته باشد تا اینکه از ایجاد حرکات آسیب‌زا برای لیگامان ACL جلوگیری کند (۴-۶). بطوری‌که در سال ۲۰۰۶ میزان ۱۲۷۴۶۶ عمل جراحی بازسازی ACL در آمریکا انجام گردید که متوسط هزینه هر عمل جراحی پیوند ACL حدود ۵۰۰۰ تا ۶۰۰۰ دلار بود (۵،۶). این آسیب علاوه بر هزینه درمان زیاد، سالیانه ۶۲۵ میلیون دلار موجب از دست دادن مشارکت ورزشی و حتی از دست دادن فصل ورزشی و نیز ایجاد آسیب‌های ثانویه مثل استئوآرتریت (افزایش بیش از ۱۰ برابر)، پارگی مینیسک و نیز مشکلات و مسائل روحی و روانی در فرد می‌گردد (۷،۸). همچنین، برخی پژوهشگران بر این باورند که فشارها در مفصل زانو به صورت مجموعه‌ای عمل می‌کنند و آسیب‌های غیربرخوردی رباط صلیبی قدامی احتمالاً بر اثر افزایش حرکت و فشار در سطوح مختلف ساجیتال، فرونتال و هوریزنتال است که به صورت چند سطحی اتفاق می‌افتد (۹). بنابراین، بررسی راستای زانو احتمالاً می‌تواند در برآورد تشخیص رباط صلیبی قدامی مهم باشد؛ اما نکته قابل توجه این است که نتایج برخی پژوهش‌ها نشان می‌دهد افزایش زاویه والگوس یا مقدار گشتاور ابداکتوری زانو (مقدار نیروی عضلانی که درشتنی را قبل از تماس پا با زمین (تقریباً حدود ۰/۰۴ ثانیه) در هنگام فرود با یک پا به سمت خارج متمایل می‌کند) نمی‌تواند به تنهایی دلیلی بر انتقال درشت نی به جلو یا به بیرون در یک فرود تلقی شود. اگرچه شواهدی وجود دارد مبنی بر این که افزایش زاویه والگوس

و مقدار گشتاور ابداکتوری زانو، عامل آسیب دیدگی ACL است. این عوامل، افزایش حرکت انتقال زانو در هنگام فرود را تأیید نمی‌کنند (۱۰)، که مجموعه این عوامل محققان را به سمت برنامه‌های پیشگیری از این آسیب سوق می‌دهد. تحقیقات نشان داده که آسیب ACL در حدود کمتر از ۱۰۰ میلی ثانیه رخ می‌دهد در حالیکه فعال‌سازی عضلات رفلکسی حدوداً ۱۲۸ میلی ثانیه بطول می‌انجامد (۱۱،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 بخشیده و با شناسایی سریعتر اغتشاشات غیرمنتظره ریسک آسیب لیگامانی را کاهش دهد (۱۳). این الگوی عملکرد برنامه‌ریزی اولیه با تمرینات عصبی عضلانی قابل تعدیل و قابل تغییر است. تمرینات پلايومتریکی می‌تواند این نوع از تغییرات در فعال‌سازی عضلانی و برنامه ریزی فیدفوراردی را از طریق سازگاری‌های عصبی عضلانی به رفلکس کششی، الاستیسیته عضلات و ارگان‌های گلژی تاندونی ایجاد کند (۱۴). تمرینات پلايومتریکی می‌توانند منجر به کاهش نیروی عکس‌العمل زمین، کاهش ابداکشن و اداکشن ران در حین فرود، افزایش توان عضلانی اندام تحتانی و کاهش رخداد آسیب‌های جدی زانو شود (۱۴). Kong و همکاران، نیز با اعمال شش هفته تمرین پلايومتریکی توانستند فعالیت فیدفوراردی عضلات اداکتور و هم انقباضی عضلات اداکتور و ابداکتور را ارتقا دهند (۱۴). Alentorn-Geli و همکاران در تحقیق خود که به مدت یک فصل انجام شد اثرات مثبتی بر کینماتیک ران مشاهده کردند اما اثرات مثبتی بر کینماتیک زانو مشاهده نکردند. البته آنها بیان کردند که تمرینات پیشگیری به همراه تمرینات تخصصی فوتبال به مدت یک فصل موجب بهبود کینماتیک اندام تحتانی می‌شود (۱۵). Monajati و همکاران، با توجه به افزایش ابداکشن زانو در فرود به عنوان یک ریسک فاکتور به دنبال نقص عصبی عضلانی تسلط لیگامان و تنه و حتی پا، به بررسی اثر هفت هفته تمرینات عصبی عضلانی در دو گروه پرخطر و کم خطر پرداختند که در نتیجه تمرینات اثر معناداری در کاهش ابداکشن زانو در گروه پرخطر داشت، اما هنوز میانگین ابداکشن زانو به حد گروه کم خطر نرسیده بود. این محققین به این نتیجه رسیدند که اگرچه این تمرینات بر گروه پرخطر اثرگذار است ولی برای کنترل بهینه نیاز به مدت زمان بیشتر و شدت تمرین بیشتر است (۱۶،۱۷). Blackburn و همکاران در سال به بررسی اثر تمرینات ایزومتریکی و ایزوتونیکی 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 ایزوتونیکی، STIFNESS عضلانی افزایش می‌یابد و به دنبال آن

که دارای شرایط اولیه ورود به تحقیق بودند وارد تحقیق شدند. نمونه‌ها ابتدا بصورت هدفمند انتخاب و سپس به صورت تصادفی به دو گروه (تمرینات پرش- فرود و کنترل) تقسیم شدند. از جامعه مورد تحقیق، آزمودنی‌های تحقیق متشکل از ۳۰ آزمودنی دارای (سن $22/47 \pm 4/81$ سال، قد $170/32 \pm 5/67$ سانتی متر، وزن $69/4 \pm 5/68$ کیلوگرم و سابقه فعالیت ورزشی $5/33 \pm 2/1$ سال) انتخاب شدند. تعداد نمونه‌ها با استناد به تحقیقات مشابه (با توجه به مقادیر انحراف استاندارد و میانگین متغیرهای تحقیق) انجام شد که در این معادله تعداد آزمودنی مورد نظر برای هر گروه، ۱۲ نفر بدست آمد (فرمول زیر) که در این تحقیق برای فائق آمدن بر مشکل ریزش احتمالی آزمودنی‌ها در طی تحقیق و در دسترس بودن تعداد نمونه‌های کافی، ۱۵ نفر در گروه تمرینات پرش- فرود و ۱۵ نفر در گروه کنترل در نظر گرفته شد.

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

جهت بررسی فعالیت الکتریکی عضلات از دستگاه الکترومیوگرافی سطحی مدل ME6000 ساخت شرکت Mega استفاده شد. این دستگاه دارای ۱۶ کانال می‌باشد. دستگاه الکترومیوگرافی سطحی مدل ME6000 با استفاده از چهار باتری قلمی آلکالاین لیتیم ۱/۵ ولت قابل استفاده است. جهت تعیین لحظه برخورد پا با زمین حین فرود، از یک سوئیچ کف پای صفحه‌ای استفاده شد. این دستگاه بصورت همزمان با الکترومیوگرافی برای اندازه‌گیری فعالیت الکترومیوگرافی عضلات حین فرود بر روی یک پا و نیز در تکلیف پرش تاکنون همزمان برای تشخیص زمان برخورد پا با زمین مورد استفاده قرار گرفت. از پله‌های چوبی برای انجام فرود بر روی یک پا استفاده شد. ارتفاع این پله ۴۰ سانتی‌متر است. از آنجایی که نقص‌های کنترل نوروماسکولار در فرود از ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر و بیشتر مشخص شد، در این تحقیق نیز از پله با همین ارتفاع استفاده شد (۲۰، ۱۹). برای تعیین محل الکترودها از لمس لندمارک‌های استخوانی و انقباض ایزومتریک استفاده شد. قطر الکترودها دو سانتی‌متر و فاصله بین الکترودها دو سانتی‌متر است. الکترودها در مسیر فیبرهای عضلات مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای بررسی فعالیت الکتریکی عضله رکتوس فموریس، الکترودها در نقطه ۵۰ درصدی فاصله بین ASIS و لبه فوقانی کشکک وصل شد، برای بررسی فعالیت الکتریکی عضله واستوس مدیالیس، تقریباً چهار سانتی‌متر بالا و سه سانتی‌متر داخل تر نسبت به خط فوقانی - داخلی پاتالا و با زاویه ۵۵ درجه به داخل نسبت به خط عمود بر روی پوست قرار گرفت و برای بررسی فعالیت الکتریکی عضله واستوس لترالیس، ۱۰ سانتی‌متر بالا و هفت سانتی‌متر خارج خط فوقانی پاتالا و با زاویه ۱۰ درجه به خارج نسبت به خط عمود پوست قرار گرفت.

مکانیسم اعمال لود بر ACL نیز به نحوی که بار کمتری اعمال شود گیری نسبت داد (۱۷ و ۱۸). 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 دراز مدت از عواقب وقوع آسیب لیگامان ACL می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه پرش و فرود از ویژگی‌های اکثر ورزش‌ها و از مکانیسم‌های اصلی آسیب لیگامان صلیبی قدامی محسوب می‌شود. محققان عقیده دارند طراحی تمرینات پیشگیرانه مکانیسم‌محور احتمالاً بتواند اثرگذاری بهتری به همراه داشته باشد. با توجه به مطالب فوق محقق در نظر دارد تاثیر هشت هفته پروتکل تمرینات پرش- فرود را بر زمانبندی و میزان فعالیت برخی عضلات منتخب تنه و اندام تحتانی (همسترینگ، کوادریسپس و گلوئتال) و عملکرد حرکتی اندام تحتانی (نمرات آزمون هاپینگ سه گانه) زنان فعال مورد بررسی قرار دهد.

مواد و روش‌ها

با توجه به اعمال مداخله، وجود گروه کنترل و انتخاب هدفمند آزمودنی‌ها به علت ماهیت تحقیق، روش تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی است. این تحقیق دارای دو گروه، شامل گروه تمرینات پرش- فرود و گروه کنترل بود. معیارهای ورود شامل زنان فعال گروه سنی ۱۸ تا ۲۶ سال و دارای پیش شرط‌های لازم برای اجرای آزمون پلايومتریک برای پرش تاکنون بود. معیارهای خروج از تحقیق شامل شرکت در برنامه تمرینات پیشگیری از آسیب در یک سال گذشته، وجود سابقه آسیب دیدگی در یک سال گذشته در ناحیه تنه و اندام تحتانی، وجود درد در زمان تحقیق و یا سابقه جراحی در ناحیه تنه و اندام تحتانی، وجود ناهنجاری‌های اندام تحتانی (زانوی ضربدري، زانوی پرنانتری، زانوی عقب رفته و کف پای صاف) (قابل تشخیص با ارزیابی بصری)، وجود سابقه زایمان (در زنان)، وجود سابقه آسیب دیدگی و استیوبولار، گوش داخلی و لیگامانی در اندام تحتانی در یک سال گذشته و وجود کوتاهی همسترینگ بود. جامعه آماری این تحقیق شامل زنان فعال دامنه سنی ۱۸ تا ۲۶ سال ساکن کرج بودند که در ورزش‌های والیبال، فوتسال و هندبال تجربه کافی داشتند. با توجه به اینکه نقص‌های کنترل نوروماسکولار زمینه‌ساز آسیب ACL معمولاً بیشتر در افراد فعال وجود داشته و آسیب ACL نیز بیشتر در زنان فعال مشاهده می‌شود بنابراین محقق سعی کرده است که بر روی این جامعه تحقیق خود را انجام دهد. با مراجعه به باشگاه‌های ورزشی کرج، پس از تکمیل فرم جمع‌آوری اطلاعات، افرادی

برای انجام آزمون از آزمودنی خواسته شد تا بصورت کاملا عمودی و متعادل، بدون خم کردن، پایین آوردن تنه و حالت پرشی بر روی پای غالب فرود آید. پس از فرود از آزمودنی خواسته می شد وضعیت را برای پنج ثانیه حفظ کند. قبل از انجام آزمون، آزمودنی ها برای انجام صحیح آزمون مورد آموزش قرار می گرفت. در شروع هر کوشش، هنگامی که آزمودنی در وضعیت آزمون قرار می گرفت، به مدت سه ثانیه و هنگامی که هیچ فعالیت عضلانی قابل تشخیصی وجود نداشت، فعالیت الکترومیوگرافی عضلات ثبت شده و به عنوان خط مبنا در نظر گرفته می شد. هر آزمودنی سه کوشش صحیح را با فاصله ۳۰ ثانیه انجام می داد. این آزمون قدرت و توان اندام تحتانی را اندازه گیری می کند. ضریب پایایی آن توسط Hamilton ۰.۹۸٪ گزارش شده است. آزمودنی با پای برتر پشت خط شروع می ایستاد و سه پرش حداکثری و پشت سر هم با پای برترش در یک خط مستقیم انجام می داد. امتیاز هر فرد در واحد سانتی متر از خط شروع تا محل برخورد پاشنه آزمودنی با زمین در سومین پرش محاسبه شد. آزمون های جهشی سه مرتبه انجام می شدند که میانگین رکورد آزمودنی جهت تجزیه و تحلیل داده ها استفاده می شد (۳،۲). پروتکل مورد استفاده در این تحقیق برگرفته از پروتکل هرینگتون و کامفورت (Herrington & Comfort) می باشد که به مدت هشت هفته و هفته ای 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 هفت تا هشت)) انجام شد (۲۲). در هر هفته یک تمرین جدید به تمرینات قبلی اضافه شده و یک تمرین حذف می شد. میزان افزایش اضافه بار در انتهای هر هفته بصورت ده درصد اعمال گردید. در تمریناتی که وابسته به زمان بودند، بازه زمانی ۳۰ تا ۶۰ ثانیه لحاظ شد که فرد در جلسه اول هفته ۳۰ ثانیه و در جلسه آخر هر هفته باید ۶۰ ثانیه را تمرین می کرد. زمان استراحت بین تکرارها به نسبت دو به یک و بین ست ها سه به یک تنظیم شد. در این پروتکل بر استراتژی فرود صحیح در آزمودنی ها تاکید می شد. در حین حرکات، لگن باید در راستای طبیعی بوده و شیفیت طرفی پیدا نکرده یا دچار افزایش و کاهش قوس نشود. ران بیشتر از ۴۵ درجه خم شده و دچار اداکشن و چرخش داخلی نشود. زانو بیشتر از ۶۰ درجه خم شده و دچار اداکشن نشود. در لحظه فرود باید سه ثانیه مکث شود و فرود با حداقل حرکات جبرانی در بدن انجام شود. نشستن باید سه ثانیه بدون حداقل حرکت بدن حفظ شود. آزمونگر باید 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، داشته باشد. مرحله ترکیب یک مرحله میانی است که در آن برخی عناصر تصادفی در قالب یک تمرین پرش فرود با هم ادغام می

محل قرارگیری الکترودهای عضله مدیال همسترینگ، نقطه ۳۶ درصدی فاصله بین توروزیته ایسکیال و بخش داخلی حفره پوپلیتال (شروع از توروزیته ایسکیال) و لترال همسترینگ نقطه ۵۰ درصدی فاصله بین توروزیته ایسکیال تا سر فیولا بر روی شکم عضله بود. محل الکتروگذاری عضله گلوئوس مدیوس وسط فاصله میان تروکاتر بزرگ ران و خارجی ترین وجه ستیغ ایلیاک است. محل الکتروگذاری عضله گلوئوس ماگزیموس وسط فاصله میان تروکاتر بزرگ ران و مهره های ساکرال است. داده های الکترومیوگرافی با فرکانس نمونه برداری (Sampling rate) ۱۰۰۰ هرتز جمع آوری می شوند. این سیگنالها ابتدا به میزان ۱۰ برابر (۱۰x) پیش تقویت شده (Preamplified) و در محدوده گذردهی (Band-pass filter) بین ۲۰ تا ۵۰۰ هرتز فیلتر گردید. برای محاسبه میزان فعالیت فیدفوراردی عضلات، زمان شروع فعالیت عضلات در بازه زمانی بین ۴۰۰- میلی ثانیه تا ۵۰+ میلی- ثانیه پیش از برخورد پا با زمین محاسبه شده و با توجه به زمان بدست آمده میزان فعالیت عضلات محاسبه شد. همچنین میزان فعالیت فیدبکی عضلات نیز در بازه زمانی ۵۰+ میلی ثانیه پس از برخورد پا با زمین تا ۳۵۰+ میلی ثانیه پس از برخورد پا با زمین محاسبه شد (۲۱). به این ترتیب که سیگنال خام الکترومیوگرافی در بازه زمانی عنوان شده به وسیله الگوریتم (RMS Root Mean Square) (محاسبه ریشه میانگین مربعات) با ثابت زمانی ۵۰ میلی ثانیه و به وسیله نرم افزار Megawin نسخه ۳ مورد پردازش قرار گرفت. عدد حاصل از پردازش به وسیله RMS منعکس کننده میانگین توان یک سیگنال است که میزان یا سطح فعالیت عضله را نشان می دهد (۱۹). در این تحقیق مرجع نرمال کردن میزان فعالیت الکتریکی، حداکثر انقباض ایزومتریک ارادی (Maximum Voluntary isometric Contraction) در نظر گرفته شد (۲۰). فعالیت الکتریکی نرمال شده عضلات در سه تکرار مختلف تکلیف فرود بر روی یک پا محاسبه می شود و با گرفتن میانگین بین فعالیت های الکتریکی در این سه تکرار، فعالیت الکتریکی نهایی برای هر عضله محاسبه می گردد (۲۱). پوزیشن MVC برای عضلات کوادریسپس حالت نشسته بر روی صندلی و فلکشن ایزومتریک ۹۰ درجه زانو و برای عضلات همسترینگ حالت دمر و فلکشن ایزومتریک ۲۰ درجه زانو بود. برای گلوئوس مدیوس، بصورت به پهلو خوابیده، مقاومت به بالای زانو در مقابل اداکشن ران اعمال شد. برای گلوئوس ماگزیموس بصورت دمر، لگن در انتهای تخت قرار گرفت و تنه روی تخت ثابت شد، مقاومت دستی حداکثر به ران ها در مقابل اکستنشن ران با زانوی خم اعمال شد. برای اجرای آزمون فرود بر روی یک پا، آزمودنی در وضعیتی متعادل نزدیک به لبه سکویی با ارتفاع ۴۰ سانتی متر به طریقی می ایستاد که پای غالب در حالت معلق (پاشنه پا در تماس با لبه جلویی سکو) قرار گرفته و به لبه جلویی سکو تکیه داشته باشد.

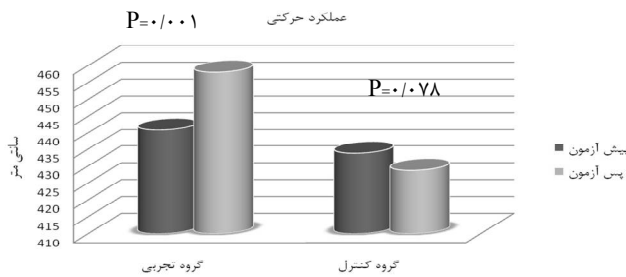
تحقیق حذف شدند. محقق در تمامی مراحل انجام تمرینات حضور داشت. در بخش آمار توصیفی از میانگین و انحراف استاندارد برای توصیف داده‌ها استفاده شد. با استفاده از آزمون شاپیروویلیک نرمال بودن توزیع داده‌ها بررسی شد. از آزمون‌های تی زوجی برای مقایسه درون گروهی و برون گروهی استفاده شد. تجزیه و تحلیل اطلاعات در سطح معنی داری ۰/۰۵ و میزان آلفای کوچکتر یا مساوی ۰/۰۵ و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ انجام شده است. لازم به ذکر است که تعداد آزمودنی‌های تحقیق ۳۰ نفر بودند که پس از حذف ۵ آزمودنی در روند تحقیق، داده‌های ۲۵ آزمودنی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج آزمون شاپیروویلیک بیانگر نرمال بودن کلیه داده‌های تحقیق بود. بنابراین از آزمون‌های آماری پارامتریک برای تحلیل آماری استفاده شد. میانگین و انحراف استاندارد فعالیت فیذوفوراردی و فیدبکی عضلات در پیش آزمون و پس آزمون گروه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: میانگین و انحراف استاندارد نمرات فعالیت فیذوفوراردی و فیدبکی عضلات در پیش آزمون و پس آزمون (واحد: درصدی از MVC می‌باشد).

عضلات	آماره متغیر	پیش آزمون		پس آزمون	
		گروه تجربی (N=۱۳)	گروه کنترل (N=۱۲)	گروه تجربی (N=۱۳)	گروه کنترل (N=۱۲)
واستوس-مدیالیس	فعالیت فیذوفوراردی	۲۸/۹۲±۵/۷۸	۳۰/۵۸±۴/۸۸	۴۲/۹۲±۷/۷۹	۲۷/۹۱±۴/۵۶
ی	فعالیت فیدبکی	۳۲/۸۶±۹/۲۴	۳۴/۶۶±۸/۰۲	۴۷/۵۳±۱۰/۲۹	۴۱±۹/۲۵
واستوس-لترالیس	فعالیت فیذوفوراردی	۶۰±۴/۰۴	۶۴/۵۸±۵/۹۹	۴۸/۳±۴/۰۴	۵۸±۶/۲۱
ی	فعالیت فیدبکی	۶۹/۲۳±۶/۲۷	۶۶/۷۵±۷/۳۱	۴۷/۳۸±۶/۷۱	۵۵±۸/۲۴
رکتوس-فموریس	فعالیت فیذوفوراردی	۷۸/۰۷±۷/۹۱	۷۳/۹۱±۷/۲۹	۶۷/۱۵±۹/۴۱	۲۵±۸/۲۲
ی	فعالیت فیدبکی	۸۳/۰۷±۹/۰۷	۸۰/۵±۴/۶۷	۶۶/۰۷±۷/۷۵	۷۵±۶/۴۷
مدیال-همسترینگ	فعالیت فیذوفوراردی	۲۹/۲۳±۵/۴۳	۳۲/۱۶±۶/۶۸	۴۲/۹۲±۱۰/۶۴	۷۵±۶/۵۲
ی	فعالیت فیدبکی	۳۲/۴۶±۵/۱۷	۲۷/۷۵±۵/۷	۴۶/۵۳±۱۲/۱۸	۷۵±۷/۹۵
لترال-همسترینگ	فعالیت فیذوفوراردی	۴۷±۱۳/۰۴	۵۸±۱۴/۴۵	۲۵/۶۱±۷/۸۲	۱۴±۴/۹۲
ی	فعالیت فیدبکی	۳۸±۱۸/۸۶	۳۸±۲۱/۰۲	۳۱±۱۳/۳۱	۱۸±۶/۹
گلوئوس مدیوس	فعالیت فیذوفوراردی	۳۳/۳۸±۴/۸۹	۲۵/۹۱±۷/۲۹	۳۲/۹۲±۵/۴۳	۵۸±۷/۷۸
ی	فعالیت فیدبکی	۲۶/۲۳±۷/۲۵	۲۹/۵±۸/۷۶	۳۷/۹۲±۱۲/۳۳	۱۰±۰/۷۸
گلوئوس ماگریموس	فعالیت فیذوفوراردی	۱۵±۱۱/۴۷	۱۳±۱۱/۷۶	۳۸/۵۳±۱۳/۹۶	۱۱±۸/۶
ی	فعالیت فیدبکی	۶۹±۱۱/۶۳	۲۳/۷۵±۱۰/۶	۴۵/۰۷±۲۰/۳۹	۸±۹/۹۳

شود ولی این تمرینات همچنان با زنجیره‌ها یا فعالیت‌های کاملاً مشخصی انجام می‌شوند. در فاز ترکیب، ورزشکار تمرین مهارت زنجیره بسته را انجام می‌دهد اما در این حالت عنصر واکنشی مانند اشاره‌های گفتاری وجود دارد. ترکیب عناصر تصادفی‌تر در شرایط پرش یا فرود یک یا دو طرفه شامل دستورات شفاهی آزمونگر می‌باشد که ورزشکار به آن پاسخ می‌دهد. برای مثال، این عنصر تصادفی می‌تواند شامل پرش و فرود به چپ یا راست، یا جلو یا عقب در پاسخ به اشاره‌های گفتاری باشد. این عمل می‌تواند ارتقاء یافته و با پرش‌هایی با چرخش‌های ۹۰ یا ۱۸۰ درجه یا چرخش باسن در جهت عقربه‌های ساعت یا خلاف جهت عقربه‌های ساعت ترکیب شود، به طوری که عناصر یا درجه چرخش و جهت به طور تصادفی گفته می‌شود (توسط آزمونگر یا یک ورزشکار دیگر). پرش یا جهش و فرود از روی یک سری جعبه با ارتفاع مختلف در ترکیب با هم در جهت جلو، جانبی یا عقب بلافاصله پس از یک زنجیره و سپس با اشارات گفتاری مخصوص جهت می‌تواند مثال دیگری برای این تمرینات باشد. جامعه آماری این تحقیق زنان فعال بود. برای اجرای این تحقیق افرادی بعنوان آزمودنی انتخاب شدند که در هفته حداقل سه جلسه ۱/۵ ساعته به فعالیت بدنی منظم مشغول بودند. بدین منظور به کلاس‌های عملی مراجعه و هدف تحقیق و مراحل انجام تحقیق برای دانشجویان شرح داده شد. سپس از افراد خواسته شد تا در صورت تمایل برای انجام بررسی‌های اولیه در ساعات مشخص شده به آزمایشگاه مراجعه کنند. همچنین برای افراد شرح داده می‌شد که در هر زمان از مراحل انجام تحقیق در صورت عدم تمایل به ادامه همکاری می‌توانند انصراف دهند. همچنین برای انتخاب آزمودنی‌ها از فرم جمع‌آوری اطلاعات استفاده شد. این فرم شامل اطلاعاتی در ارتباط با ویژگی‌های شخصی (قد، وزن، سن، رشته ورزشی و سابقه بازی)، سابقه آسیب (مکانیسم آسیب و ناحیه‌ی درگیر در آسیب) و میزان فعالیت فیزیکی در هفته است. از اطلاعات موجود در فرم با توجه به معیارهای ورود تعیین شده برای انتخاب آزمودنی‌های تحقیق استفاده شد. پس از اطمینان از رعایت اخلاق در پژوهش و اخذ فرم رضایت نامه کتبی، افراد دارای شرایط ورود به تحقیق، مورد ارزیابی قرار گرفتند. پس از شناسایی، آزمودنی‌ها به دو گروه تمرین پرش- فرود و کنترل تقسیم‌بندی می‌شدند و از آنها پیش‌آزمون الکترومیوگرافی عضلات تنه و اندام تحتانی (زمانبندی و میزان فعالیت الکتریکی عضلات) حین فرود بر روی یک پا و عملکرد حرکتی به عمل می‌آمد. پس از انجام هشت هفته تمرین برای گروه تجربی، پس آزمون الکترومیوگرافی و سنجش عملکرد در شرایط اندازه‌گیری‌های پیش‌آزمون انجام گرفته و نتایج مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. لازم به ذکر است که در جریان تحقیق سه نفر از آزمودنی‌های گروه کنترل (عدم تکمیل پس آزمون) و دو نفر از گروه تجربی (غیبت در تمرینات) از

نتایج نشان داد که بعد از اجرای تمرینات پرش - فرود میزان فعالیت فیدفوراردی و فیدبکی واستوس مدیالیس، مدیال همسترینگ، گلو تئوس مدیوس و گلو تئوس ماگزیموس افزایش یافته اما فعالیت واستوس - لترالیس، رکوس فموریس و لترال همسترینگ کاهش یافته است. نتایج آزمون تحلیل کواریانس در ارتباط با عملکرد حرکتی ($P=0/001$)، نشان داد که تفاوت بین دو گروه تجربی و کنترل معنی دار است.



شکل ۱: نتایج آزمون تی زوجی برای مقایسه نمرات عملکرد از پیش آزمون به پس آزمون در گروه تجربی و کنترل.
* نشان دهنده تغییر معنی دار از پیش آزمون به پس آزمون

بحث

با توجه به نتایج تحقیق حاضر، تغییرات معنی داری در فعالیت فیدفوراردی عضلات مورد بررسی بعد از اجرای تمرینات پرش - فرود حاصل شده است که از این بین، فعالیت عضلات رکوس - فموریس، لترال همسترینگ و واستوس لترالیس کاهش یافته ولی فعالیت عضلات گلو تئوس مدیوس، گلو تئوس ماگزیموس، واستوس مدیالیس و مدیال همسترینگ افزایش یافته است. همچنین تغییرات معنی داری در فعالیت فیدبکی عضلات بعد از اجرای تمرینات پرش - فرود حاصل شده است که فعالیت عضلات واستوس مدیالیس، مدیال همسترینگ، و گلو تئالها افزایش یافته اما فعالیت لترال همسترینگ، واستوس لترالیس و رکوس - فموریس کاهش یافته است. نتایج این بخش از تحقیق با یافته‌های Hanson و همکاران و در برخی از متغیرها با یافته‌های هارد و همکاران همخوانی دارد اما از برخی جهات دیگر با یافته‌های Hurd و همکاران ناهمخوان است (۱۳، ۱۲). از علت‌های ناهمخوان بودن یافته‌ها می‌توان به طول مدت تمرینات و شرایط آمادگی آزمودنی‌ها اشاره کرد. میزان فعالیت بالای عضلات رکوس فموریس، واستوس لترالیس و لترال همسترینگ قبل از اجرای تمرینات بیشتر و در برخی بسیار بالا بود، بنابراین به نظر می‌رسد آزمودنی‌های مورد بررسی به طرز نامناسبی زانو را ثبات داده و در واقع از استراتژی ثبات دهنده ناکامل (Immature Stabilization strategy) استفاده می‌کردند. کم کردن درجات آزادی (Degree of Freedom) بعنوان استراتژی اولیه هنگام مهارت پیدا کردن در یک تکلیف جدید است (۱۱). افراد دارای نقص در فعالیت عضلات باید در ثبات دادن به زانوی خود (در نبود محدود کننده دینامیک و فیدبک‌های آوران فراهم شده بوسیله ACL سالم)

جدول ۲: نتایج آزمون تی زوجی برای مقایسه فعالیت فیدفوراردی از پیش آزمون به پس آزمون گروه تجربی و کنترل.

عضلات	پیش آزمون	پس آزمون	میزان T	معناداری
گروه تجربی (N=13)				
واستوس - مدیالیس	28/92±5/78	42/92±7/79	-10/164	0/002*
واستوس - لترالیس	60±4/04	48/3±4/04	1/722	0/001*
رکوس - فموریس	78/07±8/91	67/15±9/41	5/877	0/004*
مدیال - همسترینگ	29/23±5/43	42/92±10/64	-6/211	0/001*
لترال - همسترینگ	47±13/04	25/61±7/82	7/497	0/001*
گلو تئوس مدیوس	33/38±4/89	32/92±5/43	-13/384	0/001*
گلو تئوس ماگزیموس	25/15±11/47	38/53±13/96	-5/061	0/001*
گروه کنترل (N=12)				
واستوس - مدیالیس	30/58±4/88	27/91±4/56	1/456	0/176
واستوس - لترالیس	64/58±5/99	61/58±6/21	1/158	0/274
رکوس - فموریس	73/91±7/29	77/25±8/22	-0/176	0/878
مدیال - همسترینگ	32/16±6/68	30/75±6/52	1/984	0/075
لترال - همسترینگ	45/58±14/45	47/41±14/92	-1/472	0/172
گلو تئوس مدیوس	25/91±7/29	33/58±7/78	1/578	0/146
گلو تئوس ماگزیموس	19/83±10/76	16/91±8/6	1/439	0/181

* نشان دهنده تغییر معنی دار از پیش آزمون به پس آزمون

بررسی اثر تمرینات پرش - فرود بر میزان فعالیت فیدبکی عضلات

جدول ۳: نتایج آزمون تی زوجی برای مقایسه فعالیت فیدبکی از پیش آزمون به پس آزمون گروه تجربی و کنترل.

عضلات	پیش آزمون	پس آزمون	میزان T	معناداری
گروه تجربی (N=13)				
واستوس - مدیالیس	32/76±9/24	47/53±10/29	-7/542	0/001*
واستوس - لترالیس	69/23±6/27	47/38±6/81	8/283	0/021*
رکوس - فموریس	83/07±9/07	66/07±7/75	7/82	0/001*
مدیال - همسترینگ	32/46±5/17	46/53±12/18	-5/424	0/001*
لترال - همسترینگ	51/38±18/86	31±13/31	6/693	0/034*
گلو تئوس مدیوس	26/23±8/25	37/92±12/33	-8/393	0/001*
گلو تئوس ماگزیموس	28/69±11/63	45/07±20/39	-4/731	0/001*
گروه کنترل (N=12)				
واستوس - مدیالیس	34/66±8/02	34/41±9/25	0/317	0/757
واستوس - لترالیس	66/75±7/31	63/5±8/24	1/892	0/101
رکوس - فموریس	80/58±4/67	82/75±6/47	-2/266	0/895
مدیال - همسترینگ	27/75±5/7	25/75±7/95	1/024	0/328
لترال - همسترینگ	50/91±21/02	51/58±18/69	-0/365	0/722
گلو تئوس مدیوس	29/5±8/76	27/66±10/88	1/882	0/102
گلو تئوس ماگزیموس	23/75±10/6	21/08±9/93	1/126	0/284

* نشان دهنده تغییر معنی دار از پیش آزمون به پس آزمون

مهارت کسب کنند (۱۱). برای انجام حرکاتی مانند راه رفتن نیازی به سفت کردن شدید مفصل زانو نیست و انجام سفتی شدید در زانو حین راه رفتن، نوعی صدمه‌زایی محسوب می‌شود. در اجرای حرکاتی که احتمال ایجاد آسیب در آن شرایط برای ACL وجود دارد، فرد باید مفصل زانو را در حد مورد نیاز سفت کند تا ثبات لازم به مفصل برگردد (۲۳). فعال‌شدن فیذوفوراردی عضله، احتمال دارد فعالیت فیدبکی آن را نیز بهبود ببخشد که این عمل بوسیله حرکات سریع انجام شده و می‌تواند خطر بروز آسیب ACL را به کمک دوک عضلانی کاهش دهد. هر چند نتایج آزمون تی زوجی نشان داد که هم فعالیت فیذوفوراردی و هم فعالیت فیدبکی عضله لترال همسترینگ کاهش یافته است. با توجه به اینکه برای اجرای یک حرکت ایمن در مفصلی مانند زانو، نیاز است که عضلات فلکسور و اکستنسور هر کدام برای اجرای حرکت مربوط به خود، دارای انقباض متعادل باشند (بطور مثال عضلات مدیال و لترال همسترینگ برای خم کردن زانو بطور متعادل وارد عمل شوند) (۲۴) تا اینکه از بروز حرکات اضافی (والگوس زانو) در حین انجام حرکت مشخص (فلکشن زانو) جلوگیری شود. بنابراین شاید کاهش فعالیت لترال همسترینگ از طرفی در متعادل کردن فعالیت عضلات فلکسور زانو و از طرف دیگر جلوگیری از والگوس زانو ضروری باشد (۱۲). از بین عضلات مورد بررسی، عضله مدیال همسترینگ، گلوئوس مدیوس و ماگزیموس بعلت اینکه بعد از اجرای پرش- فرود فیذوفوراردی شده‌اند. یعنی اینکه زمانی که این عضله بصورت فیذوفوراردی وارد عمل می‌شوند در مقابل حرکات غیرمنتظره مقاومت کرده و حرکت مناسب توسط آن هدایت می‌شود و شاید نیازی نباشد که فعالیت فیدبکی بیشتری از خود نشان دهند. در حرکاتی که عضلات کوادریپس بصورت اکستریک منقبض می‌شوند، باید به همان نسبت منتظر ترانسلیشن قدامی تیبا باشیم که این حرکت منجر به آسیب ACL می‌گردد. بنابراین بعد از تماس پا با زمین در حرکت فرود، انقباض اکستریک کوادریپس شروع می‌شود، در این حین نیاز است برخی از عوامل کنترل‌کننده ترانسلیشن قدامی تیبا وارد عمل شده و جلوی آسیب دیدگی ACL را بگیرند که در این میان و بر طبق یافته‌های تحقیق می‌توان به فعالیت مناسب مدیال همسترینگ اشاره کرد که با هم‌انقباضی مناسب با عضله واستوس مدیالیس تا حدودی این نقص (ترانسلیشن قدامی تیبا) را کنترل می‌کند (۱۱). تمرینات پرش- فرود، احتمالاً مسیرهای آوران را تحریک کرده تا اطلاعات مناسب را در اختیار دوک عضلانی قرار دهند (۱۲). افزایش حساسیت دوک عضلانی منجر به آمادگی سطح بالای عضلات در پاسخ به نیروهای مخرب می‌شود (۱۲). نتایج این بخش از تحقیق در برخی موارد با نتایج Hurd و همکاران همخوانی دارد آنها نیز عنوان کرده‌اند بعد از اجرای تمرینات اغتشاشی، میزان فعالیت مدیال همسترینگ افزایش یافته ولی میزان فعالیت لترال همسترینگ

کاهش پیدا می‌کند (۱۲). شاید یکی از مزیت‌های مهم تمرینات پرش- فرود این باشد که فرد را آرام آرام در شرایط مشابه شرایط واقعی آسیب قرار می‌دهد. یعنی اینکه با قرار دادن زانو در زوایا و موقعیت‌های مختلف، سعی می‌کند که بی‌ثبات کردن تدریجی را برای زانو فراهم کند که در این شرایط فرد یاد می‌گیرد که پاسخ- های عضلانی مناسب را به نمایش بگذارد (۱۱). بنابراین فرد یاد می‌گیرد که در موقعیت‌های خاص هم‌انقباضی مناسب را نشان دهد (نه هر موقعیتی). بخاطر اینکه هم‌انقباضی دائمی در اجرای حرکات، خود یک صدمه محسوب می‌شود. این احتمال می‌رود که کاهش فعالیت رکتوس فموریس و واستوس لترالیس و افزایش فعالیت عضلات همسترینگ و گلوئوس در پس آزمون یک رویکرد مناسب برای بهبود ثبات زانو بوسیله افزایش سفتی مفصلی و محدود کردن نیروهای وارده به ACL باشد. بنابراین با توجه به مواردی که عنوان شد نتایج تحقیق ما در راستای تحقیقات انجام شده در این زمینه، یک استراتژی مهم دیگر را نیز برای پیشگیری آسیب ACL معرفی می‌کند و آن حفظ فعالیت عضلات همسترینگ و گلوئوس در حین مانورهای آسیب‌زا برای لیگامان ACL مانند فرود بر روی یک پا می‌باشد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که انجام تمرینات پرش- فرود منجر به بهبود عملکرد حرکتی زنان فعال می‌شود. تاثیر تمرینات پیشگیرانه مختلفی بر روش‌های مختلف (با استفاده از آزمون‌های متنوع) بر عملکرد حرکتی بخوبی افراد در تحقیقات مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. فاکتورهای عملکرد حرکتی مورد بررسی قرار گرفته در تحقیقات گذشته شامل ارتفاع پرش عمودی، سرعت، قدرت ایزوکیتیک اندام تحتانی، تقارن در اجرای آزمون‌های هاپینگ (hopping)، 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. در سال‌های اخیر، مریدان از آزمون‌های هاپینگ بعنوان ابزار ارزیابی توانایی عملکردی ورزشکاران استفاده کرده‌اند. آزمون‌های هاپینگ جهت شناسایی نقص‌های افزایش دهنده خطر آسیب استفاده شده است. نقص‌های حرکتی که خطر آسیب را افزایش می‌دهد، از لحاظ تئوری می‌توانند بر عملکرد ورزشی تاثیر بگذارند. این ارتباط می‌تواند ارزش زیادی برای ورزشکاران بعنوان اصلاح ناکارآمدی حرکتی شناسایی شده بوسیله آزمون‌های هاپینگ داشته باشد (۲۵). نقص در کنترل عصبی عضلانی نقش مهمی در خطر آسیب دیدگی بازی می‌کند. این متغیرها از عوامل قابل اصلاح هستند. کاهش کنترل عصبی عضلانی تنه و اندام تحتانی در زنان احتمال وضعیت والگوس در اندام تحتانی را افزایش می‌دهد و احتمال آسیب لیگامان صلیبی قدامی را بالا می‌برد. شناسایی این ایمبالانس- های عصبی عضلانی (neuromuscular imbalances) هم می‌تواند در شناسایی و غربالگری ورزشکاران در معرض خطر آسیب

دیدگی کمک نماید و هم می‌تواند در طراحی تمرینات مداخله‌ای برای نقص‌های ویژه مورد استفاده قرار بگیرد (۲۶). همچنین نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته تمرینات پرش - فرود در گروه تجربی بر آزمون هایپینگ، تاثیر معناداری داشته است. آزمون‌های لی لی از آزمون‌های عملکردی، که بر اساس گزارش‌ها نیازمند قدرت، توان، و ثبات پوسچرال در هنگام اجرا می‌باشد. آزمون عملکردی لی لی، نیاز به قدرت عضلانی، هماهنگی عصبی - عضلانی، و ثبات مفصلی در اندام تحتانی را گزارش می‌کند. در جوامع سالم، آزمون‌های عملکردی می‌تواند برای شناسایی تقارن یا ضعف اندام غیر طبیعی استفاده شود و بدلیل اینکه نیازمند حداقل زمان و لوازم می‌باشد به عنوان یک ابزار کلینیکی مفید در نظر گرفته می‌شود (۲۷). Hamilton در مطالعه خود، آزمون لی لی سه گانه را به عنوان یک پیش‌بینی کننده قوی و مثبت در عملکرد آزمون‌های قدرت و توان معرفی می‌کند. 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 معیار عملکرد، و در ارزیابی پیش‌بین در برنامه‌های بازتوانی زانو، و به طور خاص در افرادی که در دوره نقاهت پس از جراحی لیگامنت صلیبی قدامی می‌باشند، استفاده می‌شود. آزمون لی لی زیگزاگ با حساسیت ۸۸٪ در شناسایی و پیش بینی عملکرد زانو در محدوده نرمال، بسیار دقیق می‌باشد. آزمون لی لی زیگزاگ به عنوان طاقست فرستارین آزمون لی لی است که نیرو را در صفحه عرضی و فرونتال در ترکیب با چند لی لی در صفحه ساجیتال تحمیل می‌کند (۲۷ و ۲۸). نتایج این یافته‌ها با نتایج حاصل از مطالعه Marina و همکاران (که به بررسی تاثیر شش هفته تمرینات مقاومتی روی عملکرد پریدن ژیمناست های ۱۳-۱۰ ساله پرداختند)، (۲۸) همچنین با نتایج مطالعه Raj, Abbasi و همکاران همخوانی داشت (۲۹ و ۳۰). Marina در مطالعه خود بیان می‌کند که هر دو نوع تمرینات مقاومتی اختصاصی و غیر اختصاصی در عملکرد پریدن ژیمناست‌های ریتیمیک تاثیر معناداری داشته است و با یک افزایش ۶-۷٪ در قدرت اندام تحتانی همراه بوده و تست لی لی (که سفتی و ثبات پا را ارزیابی می‌کند)، بعد از تمرینات مقاومتی غیر اختصاصی بهبود پیدا می‌کند. در مطالعه Marina و همکاران عنوان شد که استفاده از تمرینات پلايومتریک باعث افزایش ثبات زانو می‌شود حتی اگر بهبود معناداری در عملکرد، اتفاق نیفتد. همچنین پیشرفت کم و اما معناداری در ارتفاع پرش عمودی بدست آمد (۲۸). از بین بخش‌های مختلف بدن، اندام تحتانی در معرض صدمات ورزشی بیشتری بوده که از جمله شایع‌ترین این آسیب‌ها می‌توان به پارگی لیگامان صلیبی قدامی اشاره کرد (۲۹). از آزمون‌های عملکردی پیشگوی این آسیب، آزمون لی لی می‌باشد که ثبات و سفتی مفصل زانو را نمایان می‌سازد (۲۸).

تمرینات پرش-فرود احتمالا با تاثیرگذاری زمانبندی و میزان فعالیت عضلات به اندام‌ها این امکان را می‌دهد که در حین انجام حرکات مختلف در محدوده لازم، تحرک داشته باشد و از آسیب-هایی که به دلیل تاخیر در فعالیت عضلات، میزان فعالیت کم در برخی عضلات و فعالیت بیشتر در برخی دیگر از عضلات (ایمبالانس زمانبندی و میزان فعالیت)، محدودیت دامنه حرکتی و کوتاهی عضلات بوجود می‌آید جلوگیری کند. تمرینات پرش-فرود همچنین از تمرینات ثابت دهنده مرکزی نیز برخوردار است و احتمالا این تمرینات با ایجاد ثبات پوسچرالی که برای فرد به وجود می‌آورند به فرد این امکان را می‌دهند که در آزمون‌های عملکردی از شرایط و نتیجه بهتری برخوردار شود. تمرینات ناحیه مرکزی تنه کارایی سیستم عصبی عضلانی را بهبود می‌بخشد که موجب حرکت مطلوب مفاصل کمر، لگن و ران در طول زنجیره حرکتی عملکردی، شتاب گیری یا کاهش شتاب مناسب، تعادل عضلانی مناسب، تقویت ثبات پروگزیمال و قدرت عملکردی می‌شود. این اثرات منجر به عملکرد مطلوب و افزایش قدرت عضلات اندام تحتانی می‌شود که می‌تواند تثبیت مفاصل را مناسب‌تر انجام دهد و در نهایت احتمال خطر وقوع آسیب در اندام تحتانی را کاهش دهد (۳۰). در این تحقیق بغلت وجود برخی محدودیت‌ها، ما برای اندازه‌گیری داده‌های الکترومیوگرافیک از فرود بر روی یک پا و برای جمع‌آوری یافته‌های عملکرد حرکتی از لی سه گانه استفاده شد که پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده سعی شود که علاوه بر استفاده از سیستم آنالیز حرکتی، صفحه نیرو، تکلیف مشابه برای جمع‌آوری داده‌های کینماتیک و کینماتیک استفاده شود. فعالیت عضلات همسترینگ و کوادریسپس، الگوهای فیدفوراردی مناسب را برای کنترل حرکت و وضعیت مفصل و نیز ثبات دینامیک زانو در مانورهای آسیب‌زا فراخوانی می‌کند.

نتیجه گیری

با توجه به موارد عنوان شده می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تمرینات پرش-فرود با تعدیل و بهینه کردن میزان فعالیت عضلات ثبات‌دهنده زانو، از طرفی بهبود عملکرد حرکتی افراد احتمالا می‌تواند نقش مهمی در کاهش آسیب‌دیدگی ACL در زنان فعال داشته باشند. نتایج نشان داد که انجام هشت هفته تمرینات پرش-فرود منجر به عملکرد حرکتی افراد می‌شود. با توجه به اینکه افزایش عملکرد حرکتی باعث کاهش آسیب دیدگی می‌شود بنابراین با توجه به این نتایج استفاده از تمرینات پرش-فرود در زنان فعال جهت بهینه کردن عملکرد حرکتی و کاهش خطر آسیب ACL پیشنهاد می‌شود.

تقدیر و تشکر

مقاله حاضر برگرفته شده از نتایج پایان نامه کارشناسی ارشد به شماره ۲۳۹۳۴ می باشد. بدینوسیله نویسندگان مقاله از کلیه شرکت کنندگان در این تحقیق، کمال تشکر را دارند.

منابع مالی

منابع مالی ندارد.

منافع متقابل

مؤلف اظهار می دارد که منافع متقابلی از تالیف و یا انتشار این مقاله ندارد.

مشارکت مؤلفان

ا.ل و م.ح طراحی، ل.ک و ا.ل اجرا و تحلیل نتایج مطالعه را بر عهده داشت. همچنین ا.ل و ل.ک مقاله را تالیف نموده و ا.ل نسخه نهایی آن را خوانده و تایید کرده است.

References

1. Yu B, Garrett WE. Mechanisms of non-contact ACL injuries. *Br J Sports Med* 2007; **41**(1): 47-51. doi: 10.1136/bjism.2007.037192
2. Hewett TE, Ford KR, Hoogenboom BJ, Myer GD. understanding and preventing ACL injuries: current biomechanical and epidemiologic consideration- update 2010. *North Am J Sports Phys Ther* 2010; **5**(4): 234-251. doi: 10.3928/19425864-20101222-08
3. Letafatkar A, Rajabi R, Ebrahimi E, Minoonejad H. Effects of perturbation training on knee flexion angle and quadriceps to hamstring cocontraction of female athletes with quadriceps dominance deficit: pre-post intervention study. *The knee* 2015; **22**: 230-236.
4. Feiffer RP, Shea KG, Roberts D. Lack of effect of a knee ligament injury prevention program on the incidence of noncontact anterior cruciate ligament injury. *J Bone Joint Surg Am* 2006; **88**(8): 1769-1774. doi: 10.2106/00004623-200608000-00012
5. Zebis MK, Andersen LL, Brandt M, Myklebust G, Bencke J, Lauridsen HB. Effects of evidence-based prevention training on neuromuscular and biomechanical risk factors for ACL injury in adolescent female athletes: a randomised controlled trial. *Br J Sports Med* 2015; **50**(9): 552-557. doi: 10.1136/bjsports-2015-094776
6. Chappell JD, Creighton RA. Kinematics and electromyography of landing preparation in vertical stop-jump: risks for noncontact anterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med*, 2007; **35**(2): 235-241. doi: 10.1177/0363546506294077
7. Sell TC, Ferris CM. Predictors of proximal tibia anterior shear force during a vertical stop-jump. *J Orthop Res* 2007; **25**(12): 1589-1597. doi: 10.1002/jor.20459
8. Lephart SM, Abt JP, Ferris CM. Neuromuscular and biomechanical characteristic changes in high school athletes: a plyometric versus basic resistance program. *Br J Sports Med* 2005; **39**: 932-938. doi: 10.1136/bjism.2005.019083
9. Myer GD, Ford KR, McLean SG. The effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics. *Am J Sports Med* 2006; **34**: 445-455. doi: 10.1136/bjism.2005.019083
10. Onate JA, Guskiewicz KM, Marshall SW. Instruction of jump landing technique using videotape feedback. *Am J Sports Med*, 2005; **33**(6): 831-842. doi: 10.1177/0363546504271499
11. Chmielewski TL, Hurd WJ, Rudolph KS, Axe MJ, and Snyder ML. Perturbation training improves knee kinematics and reduces muscle cocontraction after complete unilateral anterior cruciate ligament rupture. *Phys ther* 2005; **85**: 740-749. doi: 10.1093/ptj/85.8.740
12. Hurd WJ, Chmielewski TL, Mackler LS. Perturbation-enhanced neuromuscular training alters muscle activity in female athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006; **14**: 60-69. doi: 10.1007/s00167-005-0624-y
13. Hanson AM, Padua DA, Blackburn JT, Prentice WE, Hirth CJ. Muscle Activation during Side-Step Cutting Maneuvers in Male and Female Soccer Athletes. *J Athl Train* 2008; **43**(2): 133-143. doi: 10.4085/1062-6050-43.2.133
14. Kong P, Burns S. Bilateral difference in hamstrings to quadriceps ratio in healthy males and females. *Phys Ther Sport* 2010; **11**(1): 7-12. doi: 10.1016/j.ptsp.2009.09.004
15. Alentorn-Geli E, Myer G, Silvers H, Samitier G, Romero D. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009; **17**: 705-729. doi: 10.1007/s00167-009-0813-1
16. Monajati A, Larumbe-Zabala E, Goss-Sampson M, Naclerio F. The Effectiveness of Injury Prevention Programs to Modify Risk Factors for Non-Contact Anterior Cruciate Ligament and Hamstring Injuries in Uninjured Team Sports Athletes: A Systematic Review. *PLoS One* 2016; **11**(5): 1-15. doi: 10.1371/journal.pone.0155272
17. Blackburn JT, Norcross MF. The effects of isometric and isotonic training on hamstring stiffness and anterior cruciate ligament loading mechanisms. *Electromyography & Kinesiology* 2014; **24**: 98-103. doi: 10.1016/j.jelekin.2013.10.010

18. Tik-Pui Fong D, Lam M, Lai P, Shu-Hang Yung P, Fung KY, Chan KM. Effect of anticipation on knee kinematics during a stop-jump task. *Gait & Posture* 2014; **39**: 75-79. doi: 10.1016/j.gaitpost.2013.05.027
19. Gheidi N, Sadeghi H. ACL injury prevention programs due to intrinsic and modifiable risk factors in female athletes. *J Rehab Med* 2014; **3**(3): 89-108. doi: 10.29328/journal.jsmt.1001002
20. Fuller C, Dick R, Corlette J, Schmalz R. Comparison of the incidence, nature and cause of injuries sustained on grass and new generation artificial turf by male and female football players. Part 2: training injuries. *Br J Sports Med* 2007; **41**(1): 27-32. doi: 10.1136/bjism.2007.037275
21. Ebben WP, Garceau LR, Hsu BE, Lutsch BN, Feldmann CR. Gender-Based Analysis of Hamstring and Quadriceps Muscle Activation During Jump- Landings and Cutting. *Streng & Condition Res* 2010; **24**(2): 408-415. doi: 10.1519/jsc.0b013e3181c509f4
22. Herrington LC, Comfort P. Training for Prevention of ACL Injury: Incorporation of Progressive Landing Skill Challenges Into a Program. *Streng & Condition* 2013; **35**(6): 59-65. doi: 10.1519/ssc.0000000000000013
23. Letafatkar A, Rajabi R, Ebrahimi E, Minoonejad H. Effects of perturbation training on quadriceps to hamstring electromyographic ratios. *Koomesh* 2014; **4**(52): 469-481. (Persian).
24. Shinkle J, Nesser TW, Demchak TJ, McMannus DM. Effect of core strength on the measure of power in the extremities. *Strength & Cond Res* 2012; **26**: 373-380. doi: 10.1519/jsc.0b013e31822600e5
25. Cook E, Burton L, Hogenboom B. The use of fundamental movements as an assessment of function- part 1. *North Am J Sports Phys Ther* 2006; **1**(2): 62-72. doi: 10.2519/jospt.2006.2160
26. Filipa A, Byrnes R, Paterno MV. Neuromuscular training improves performance on the star excursion balance test in young female athletes. *J Orthop Sports Phys Ther* 2010; **40**(9): 551-558. doi: 10.2519/jospt.2010.3325
27. Hamilton R. Single-leg Triple Hop Test as a Predictor of Lower Limb Strength, Power, and Balance. 2006. Directed by Dr. Sandra J. Shultz 77 pp.
28. Marina P, Claudia B, Giovanni F, Giovanni I. Effects of resistance training on jumping performance in pre-adolescent rhythmic gymnasts: a randomized controlled study. *Italia j anatomy & embryol* 2014; **119**(1): 10-19. doi: 10.1016/j.humov.2014.10.001
29. Abbasi A. Effects of in-season short-term plyometric training on jumping and agility performance of basketball players. *Sport Sci Health* 2013; **9**: 133-137.
30. Raj K, Harish K. Effect of Six-Weeks of Plyometric Circuit Training on the Jumping performance of Female College Player. *Exerc Sci & Physiother* 2005; **1**(1): 46-59. doi: 10.15282/mohe.v7i2.236.s85