

تأثیر تمرین‌های نوروماسکولار بر عملکرد و ثبات پاسچرال زنان دارای غلبه لیگامانی

فاطمه محمدپور^۱، امیر لطافت‌کار^۲، فرشته افتخاری^۳

۱. کارشناسی ارشد امدادگری ورزشی دانشگاه خوارزمی*

۲. استادیار دانشگاه خوارزمی

۳. استادیار دانشگاه شیراز

تاریخ پذیرش ۱۳۹۷/۰۶/۲۰

تاریخ ارسال ۱۳۹۶/۰۵/۲۹

چکیده

ایمبالانس‌های نوروماسکولار یکی از موارد مهمی هستند که می‌توانند در افزایش خطر ابتلا به آسیب‌های غیربرخوردی لیگامان صلیبی قدامی نقش داشته باشند. هدف از انجام مطالعه حاضر، بررسی تأثیر تمرین نوروماسکولار بر ثبات پاسچرال و عملکرد اندام تحتانی زنان دارای غلبه لیگامانی در حرکت پرش- فرود بود. تعداد ۲۴ آزمودنی مستعد آسیب لیگامان لیگامان صلیبی قدامی به صورت تصادفی در دو گروه کنترل و تجربی قرار گرفتند. گروه تجربی برنامه تمرین‌های نوروماسکولار را به مدت شش هفته انجام دادند. از هر دو گروه، پیش‌آزمون و پس‌آزمون گرفته شد. پس از انجام تمرین‌های نوروماسکولار، اختلاف معناداری در تغییرات مرکز فشار در راستای داخلی- خارجی و عملکرد گروه تجربی مشاهده شد؛ در حالی که اختلاف معناداری در متغیرهای گروه کنترل و دیگر مؤلفه‌ها مشاهده نشد. به‌طور کلی، می‌توان گفت که احتمالاً انجام این تمرین‌ها می‌تواند تأثیر مثبتی بر تغییرات مرکز فشار و عملکرد فرد داشته باشد.

واژگان کلیدی: آسیب لیگامان صلیبی قدامی، غلبه لیگامانی، تمرین‌های نوروماسکولار، تغییرات مرکز فشار، عملکرد.

مقدمه

در طی فعالیت‌های ورزشی، زنان ورزشکار نسبت به مردان بیشتر دچار آسیب‌دیدگی می‌شوند و این آسیب‌ها بیشتر در زانو و مچ پا رخ می‌دهند (۱). لیگامان صلیبی قدامی (ACL) از مهم‌ترین عناصر تثبیت‌کننده زانو است که برای پایداری مفصل زانو در هنگام دویدن و فعالیت‌های ورزشی، اهمیت حیاتی دارد. آسیب لیگامان ACL یکی از شایع‌ترین آسیب‌های ورزشی در زنان است. مطالعات اپیدمیولوژیک نشان می‌دهند که زنان ورزشکار دو تا ۱۰ برابر بیشتر از مردان ورزشکار در معرض آسیب رباط صلیبی قدامی هستند (۲، ۳). هرگونه نقص یا آسیب ACL تأثیر شدیدی بر پایداری استاتیکی و دینامیکی زانو و اندام تحتانی فرد می‌گذارد که می‌تواند موجب بازخورد حسی مؤثری در زانوی آسیب دیده‌شده شود و در نهایت، در درازمدت به اختلالات عملکردی منجر گردد (۴، ۵).

بر اساس تجزیه و تحلیل ویدئویی آسیب‌های لیگامان ACL در ورزشکاران، عوامل متعددی از جمله چهار نوع نقص حرکتی، سبب ایجاد آسیب‌های غیربرخوردی لیگامان ACL به‌ویژه در زنان می‌شوند. این نقص‌های حرکتی با عنوان «ایمبالانس‌های عضلانی نوروماسکولار» مطرح می‌شوند که شامل غلبه لیگامانی^۱، غلبه کوادریسپس^۲، غلبه پا^۳ و غلبه تنه^۴ هستند (۴). ایمبالانس عصبی - عضلانی یکی از موارد مهمی است که می‌تواند در افزایش خطر ابتلا به آسیب‌های غیربرخوردی^۵ ACL نقش داشته باشد. کنترل عصبی - عضلانی مکانیسمی است که با استفاده از ورودی‌های حسی ارسالی از گیرنده‌های مکانیکی موجود در لیگامان‌ها، مفاصل، عضلات و تنظیم پاسخ‌های عضلانی مناسب، نقش بسزایی در حمایت و ثبات زانو ایفا می‌کند (۶). غلبه لیگامانی یکی از علل ایجاد فقدان تعادل عصبی - عضلانی است و عموماً در شرایطی به‌وجود می‌آید که عضلات در جذب کافی نیروی عکس‌العمل زمین ناتوان می‌مانند. این فقدان تعادل با ناتوانی حرکات اندام تحتانی در صفحه فرونتال هنگام فرودها همراه است که می‌تواند به پارگی لیگامانی منجر شود (۷).

پژوهش‌ها نشان می‌دهند که نقص در کنترل عصبی - عضلانی مفصل می‌تواند باعث ایجاد فشارهایی بیش از حد در قدرت و توان شود و ناتوانی مکانیکی را در مفصل ایجاد کند (۸، ۷). همچنین، نقص در کنترل پاسچر و مشکل در کنترل نیروی عکس‌العمل زمین هنگام فرود نیز از جمله مشکلاتی است که در این افراد مشاهده می‌شود؛ به‌گونه‌ای که افزایش نوسان پاسچر یک عامل منفی است که می‌تواند به

-
1. Anterior Cruciate Ligament
 2. Ligament Dominance
 3. Quadriceps Dominance
 4. Leg Dominance
 5. Trunk Dominance
 6. Neuromuscular Imbalance
 7. Noncontact Injury

افزایش شیوع آسیب به علت اختلال در عوامل کنترل عصبی-عضلانی یا تعادل منجر شود (۹). بارهای وارد بر ACL هنگام فعالیت‌های ورزشی، در نتیجه بارهایی است که از بالا و پایین مفصل زانو بر آن وارد می‌شوند؛ از این رو، کنترل پاسچر و عضلات مرکزی تنه می‌تواند تأثیری مستقیم بر تنش‌های وارد بر زانو و به خصوص ACL بگذارد. از سوی دیگر، مرکز جرم و فشار نیز می‌تواند از طریق نقص در کنترل تنه توسط نیروهای ابداکشن زانو و مکانیسم‌های عصبی-عضلانی و مکانیکی تحت تأثیر قرار گیرد (۱۰). از آنجایی که ACL در حس عمقی و در نتیجه، در تعادل نقش دارد، پژوهشگران به این نتیجه رسیده‌اند که احتمالاً تمرین‌های عصبی-عضلانی می‌تواند در ایجاد ثبات مفصلی و کسب الگوهای عملکردی عضلانی مناسب و تصحیح فقدان تعادل‌های عضلانی در دو سمت بدن، نقش داشته باشد. همچنین، آن‌ها تأکید زیادی بر استفاده از روش‌های متداول تمرین‌های عصبی-عضلانی برای بازگشت ثبات مفصلی و کسب الگوهای عملکردی عضلانی مناسب، دارند (۱۱). در همین راستا، زچ (۱۲) در مطالعه خود بیان کرد که تمرین‌های نوروماسکولار در بهبود کنترل پاسچرال مؤثر بوده‌اند؛ اما این تأثیر در تمام شاخص‌های مربوط به تعادل مشاهده نشده است و می‌توان گفت که این تمرین‌ها تمام ابعاد کنترل پاسچرال را تحت تأثیر قرار نمی‌دهند. همچنین، میر و همکاران (۱۳) در پژوهشی نشان دادند که تمرین‌های نوروماسکولار در کاهش آسیب ACL زنان ورزشکار می‌تواند مفید باشد. آن‌ها بیان کردند که شروع تمرین‌های نوروماسکولار به‌ویژه در اوایل سنین نوجوانی که دوره تغییر مکانیک حرکتی و افزایش خطر آسیب است، می‌تواند در تغییر مکانیک فرود مفید و تأثیرگذار باشد. افزون بر این، کلاگمن^۳ و همکاران با بررسی رابطه بین بیومکانیک فرود و آسیب ACL، برنامه تمرین‌های نوروماسکولار خود در قالب پنج هفته تمرین را مفید ارزیابی کردند و بیان کردند که این تمرین‌ها احتمالاً می‌توانند به بهبود در عملکرد ACL در آزمون پرش تاک منجر شوند (۱۴). کنترل عصبی-عضلانی مکانیسمی است که با استفاده از ورودی‌های حسی ارسالی از گیرنده‌های مکانیکی موجود در لیگامان‌ها، مفاصل، عضلات و تنظیم پاسخ‌های عضلانی مناسب، نقش بسزایی در حمایت و ثبات زانو ایفا می‌کند. در همین راستا، لیگامان متقاطع قدامی نه تنها به‌عنوان یک بازدارنده مکانیکی حرکت زانو است، بلکه به‌عنوان یک حسگر دینامیکی، در به‌راه‌انداختن یا آغاز فعالیت عضلانی و در نتیجه، فرایند کنترل عصبی-عضلانی زانو نقش دارد. مطالعات نشان داده‌اند که به‌دنبال آسیب ACL، آستانه کشف حرکت غیرفعال زانو و حس وضعیت مفصل دچار نقص می‌شوند. نقص‌های عصبی-عضلانی به عنوان اختلال در قدرت عضلانی، توان یا الگوهای فعال‌سازی که به افزایش بارهای وارد به مفصل زانو و ACL منجر می‌شوند، تعریف شده‌اند. زنان ورزشکار نسبت به مردان، بیشتر این نوع نقص

-
1. Zech
 2. Myer
 3. Klugman

های کنترل عصبی - عضلانی را نشان می‌دهند که متعاقب آن، این نوع نقص‌ها موجب افزایش بارهای مفاصل اندام تحتانی و درنهایت، آسیب زانو می‌شوند؛ بنابراین، آگاهی و بینش در زمینه تمرین‌هایی که می‌توانند تأثیر مثبتی بر این نقص‌ها داشته باشند و خطر ابتلا به آسیب را کاهش دهند، اهمیت دارد. افزایش ظرفیت از دست‌دادن فصل برای شرکت در ورزش و ناتوانی‌های طولانی‌مدت، ایجاد مشکلاتی در زمینه کارایی ورزشی افراد و همچنین، ایجاد آسیب‌های ثانویه‌ای مانند پارگی مینیسک، خطر دژنراسیون و استئوآرتریت در افراد آسیب‌دیده که درنهایت مانع بازگشت افراد به ورزش و بازنشستگی زود هنگام آن‌ها می‌شود، لزوم به‌کارگیری برنامه‌های پیشگیری از آسیب را پررنگ کرده‌اند. تاکنون برنامه‌های متنوعی برای پیشگیری و کاهش آسیب ACL طراحی شده‌اند؛ اما این پژوهش‌ها تا حدودی فاقد این اطلاعات هستند که چگونه و کدام بخش از این برنامه‌های تمرینی در اصلاح الگوهای حرکتی و کنترل عصبی - عضلانی هنگام فعالیت می‌تواند مفید واقع شود (۶)؛ از این‌رو، هدف از انجام مطالعه حاضر، بررسی تأثیر تمرین نوروماسکولار بر تغییرات مرکز فشار و عملکرد اندام تحتانی زنان دارای غلبه لیگامانی در حرکت پرش - فرود پس از شش هفته برنامه تمرینی نوروماسکولار بود.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش انجام کار، به صورت نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون با دو گروه کنترل و تجربی بود. جامعه آماری پژوهش دانشجویان دختر رشته تربیت بدنی دانشگاه خوارزمی بودند. از بین آن‌ها، ۲۴ دختر با دامنه سنی ۱۸-۲۵ سال که دارای شرایط ورود به پژوهش بودند، به صورت هدفمند و در دسترس انتخاب شدند و به صورت تصادفی در دو گروه برابر کنترل (۱۲ نفر) و تجربی (۱۲ نفر) قرار گرفتند. پیش از ورود به مطالعه، از همه آزمودنی‌ها رضایت آگاهانه به صورت کتبی گرفته شد. معیارهای ورود به پژوهش عبارت بودند از: وجود نقص غلبه لیگامانی زانو، داشتن فعالیت بدنی منظم حداقل شش ساعت در هفته، نبود آسیب یا جراحی اندام تحتانی در یک سال اخیر، نداشتن نقص نورولوژیک یا نقص دستگاه عصبی و سیستم بینایی و شنوایی، مبتلانیبودن به دیابت، صرع، بیماری‌های قلبی - عروقی، فشارخون، بیماری‌های تنفسی و شکستگی اندام، نداشتن سرگیجه، مصرف نکردن دارویی که سیستم عصبی را تحت تأثیر قرار دهد و نداشتن سابقه آسیب سر به گونه‌ای که فرد را مجبور به استفاده از مراقبت‌های پزشکی کند.

ارزیابی و عملکرد ورزشکاران مستعد آسیب ACL به وسیله آزمون پرش تاک (پایایی بین‌آزمونگر = ۰/۹۳ و پایایی درون‌آزمونگر = ۰/۸۷) که نقص‌های عصبی - عضلانی موجود در تکنیک و مؤلفه‌های بیومکانیکی مهمی که با آسیب لیگامان ACL مرتبط هستند را نشان می‌دهد، انجام گرفت (۱۵-۱۷).

در این آزمون، فرد با پاهای باز به اندازه عرض شانه می‌ایستاد و به صورت عمودی شروع به پرش می‌کرد و زانوهای خود را تاجایی که امکان داشت بالا می‌آورد. در بالاترین نقطه پرش، ران‌ها موازی با زمین قرار دارند. هنگام فرود، فرد آزمون پرش تاک بعدی را شروع می‌کرد. آزمودنی پرش تاک را ۱۰ ثانیه به صورت متوالی تکرار می‌کرد (۱۸) و پرش‌ها توسط دو دوربین فیلم‌برداری سونی مدل FDR-AX53 ساخت کشور ژاپن در دو نمای قدامی و جانبی ضبط می‌شدند. برای بهبود در دقت ارزیابی، دوربین‌ها با توجه به قد آزمودنی تنظیم شدند. برای کاهش خطای پرسپکتیو، دوربین‌ها تا حد امکان با فاصله‌ای زیاد از آزمودنی قرار گرفتند. پیش از شروع فیلم‌برداری، ساعت دوربین‌ها تنظیم شد و طبق نظر فیلم‌بردار، پیش و پس از شروع آزمون یک بار سوت زده می‌شد. سینک فیلم‌ها با استفاده از نرم‌افزار Edius ساخت شرکت Canopus Co کشور ژاپن انجام گرفت. در صورت مشاهده هر کدام از فاکتورهای موجود در فرم ارزیابی پرش تاک (پیوست شماره یک)، نمره یک و در صورت نبود و مشاهده نشدن فاکتور مورد نظر، نمره صفر برای آزمودنی ثبت می‌شد و آزمودنی‌های با نمرات یا تعداد خطاهای شش و بالاتر (الزاماً دارای والگوس زانو) برای ورود به برنامه تمرینی انتخاب می‌شدند (۱۳). از آنجایی که آزمون پرش تاک سه نقص دیگر از جمله نقص غلبه عضلات چهارسر، غلبه پا و غلبه تنه را علاوه بر نقص غلبه لیگامان می‌سنجد، افرادی با نقص غلبه لیگامان هستند که دارای دو نشانه فرود همراه با والگوس زانو و فاصله دو پا کمتر یا بیشتر از عرض شانه هنگام فرود باشند (۱۹). برای ارزیابی آزمون پرش- فرود و پی‌بردن به تغییرات مرکز فشار بدن، از صفحه نیروی مدل BERTEC با سایز $70 \times 60 \times 40$ سانتی‌متر، ساخت کشور آمریکا که قابلیت ثبت نیروهای عکس‌العمل زمین در دامنه $500-100$ هرتز را دارد، با نرخ نمونه‌برداری 500 هرتز و در مدت 20 ثانیه استفاده شد. نحوه اجرای این آزمون بدین صورت بود که آزمودنی‌ها باید با پای برهنه از فاصله 70 سانتی‌متری تا صفحه نیرو با دو پا پرش کنند و علامت معادل 50 درصد حداکثر پرش را در بالای صفحه نیرو لمس کنند و با پای غالب روی مرکز صفحه نیرو فرود آیند. همچنین، از آن‌ها خواسته شد به محض فرود روی صفحه نیرو، دست‌ها را در ناحیه لگن قرار دهند، سر را بالا نگه دارند و روبه‌رو را نگاه کنند و به مدت 20 ثانیه بدون حرکت بایستند. اگر آزمودنی روی صفحه نیرو لی‌لی می‌زد یا با پای دیگر صفحه نیرو را لمس می‌کرد یا دستش با صفحه نیرو تماس پیدا می‌کرد، آن پرش حذف می‌شد. هر آزمودنی تکلیف پرش- فرود را سه مرتبه اجرا کرد. تغییرات مرکز فشار در هر سه مرتبه اجرای آزمودنی محاسبه شدند و سپس، میانگین سه اجرا به عنوان نمرات آزمودنی در نظر گرفته شدند. پیش از شروع پرش، آزمودنی به صورت کاملاً ایستاده روی صفحه نیرو قرار می‌گرفت تا در این حالت نمودار نیروی عمودی عکس‌العمل زمین (Fz) به عنوان وزن آزمودنی‌ها منظور شود (۲۰). محاسبه و پردازش اطلاعات تغییرات مرکز فشار در راستای محور X (COPx) و محور Y (COPy)، با نرم‌افزار محاسبات ریاضی متلب تجزیه و تحلیل شد.

در مطالعه حاضر، از فیلتر باترورث برای کاهش نویزهای موجود در داده‌های کینتیکی استفاده شد. ویژگی‌های موردنیاز برای طراحی فیلتر باترورث شامل مرتبه و فرکانس برش هستند. مرتبه فیلتر موردنظر، چهار و فرکانس برش فیلتر موردنظر برای داده‌ها، بیست در نظر گرفته شد.

گروه تجربی تمرین‌های نوروماسکولار را مطابق با تمرین‌های استاسی^۱ و همکاران (۲۱) به مدت شش هفته و هر هفته سه جلسه انجام دادند؛ درحالی‌که در این مدت از گروه کنترل خواسته شد فعالیت روزانه خود را حفظ کنند و در هیچ برنامه پیشگیرانه از آسیب شرکت نکنند. تمرین‌های نوروماسکولار شامل ۱۱ تمرین بود که هر تمرین از چهار مرحله تشکیل شده بود. مرحله اول معمولاً یک تمرین دوپایی یا تمرین تک‌پای یک‌طرفه، مرحله دوم انتقال از تمرین دوپایی به تک‌پا یا کاهش پایداری سطح اتکا، مرحله سوم ایجاد اغتشاش ثانویه به سیستم نوروماسکولار فرد و مرحله چهارم تمرین‌های چندجهته بودند که نیازمند حرکات انفجاری و سریع بودند. در ابتدای هر جلسه تمرینی از آزمودنی‌ها خواسته می‌شد، مطابق با حرکات مربی ۱۰ دقیقه خود را گرم کنند و پس از اتمام ۴۵ دقیقه برنامه تمرینی، پنج دقیقه فعالیت سردکردن را انجام دهند (۲۱). پس از انجام شش هفته تمرین‌های گروه تجربی، از هر دو گروه کنترل و تجربی پس‌آزمون گرفته شد.

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار اس.پی.اس.اس.آر. نسخه ۲۰ تجزیه و تحلیل شدند. با توجه به کوچک بودن حجم نمونه در این پژوهش، از آزمون شاپیرو-ویلک برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها استفاده شد. همچنین، همگن بودن واریانس‌ها با آزمون لون^۴ بررسی شد. برای بررسی اثر تعاملی زمان (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) بر گروه (تمرین و کنترل) در مقادیر نوسانات مرکز فشار و پرش تاك، از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری در سطح معناداری ۰/۹۵ و میزان آلفای کوچک‌تر یا مساوی ۰/۵ استفاده شد. همچنین، شاخص اندازه اثر اتا برای تعیین میزان تأثیر برنامه تمرینی گزارش شد. براساس نظر کوهن، میزان اندازه تأثیر می‌تواند کم (۰/۲ و کمتر)، متوسط (بین ۰/۳ و ۰/۸) و زیاد (بیشتر از ۰/۸) باشد (۲۲).

نتایج

جدول شماره یک آمار توصیفی ویژگی‌های جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان در پژوهش را به صورت مختصر نشان می‌دهد.

-
1. Stasi
 2. SPSS
 - 3Shapiro-Wilk test
 - 4Levene Test

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار مشخصات جمعیت شناختی آزمودنی‌ها

معناداری لون	آماره لون	گروه تجربی	
		گروه کنترل	(میانگین و انحراف استاندارد)
۰/۲۲۷	۰/۵۸۹	۲۳/۲۵ ± ۱/۴۸	۲۲/۲۵ ± ۱/۶۶
۰/۹۴۶	۰/۱۳۸	۱۶۳ ± ۴/۲	۱۶۲ ± ۶/۳۶
۰/۴۱۲	۰/۳۱۳	۵۷/۲۵ ± ۶/۴۹	۵۴/۷۵ ± ۵/۲۵

همان‌گونه که در جدول شماره یک مشاهده می‌شود، نتایج آزمون لون بیانگر این است که آزمودنی‌های دو گروه به لحاظ ویژگی‌های جمعیت‌شناختی به صورت همگن در گروه‌ها قرار گرفته‌اند. همچنین، نتایج آزمون شاپیرو-ویلک نشان‌دهنده طبیعی بودن توزیع داده‌های مورد مطالعه در پژوهش بود. جدول شماره دو میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای مورد مطالعه را در پیش‌آزمون و پس‌آزمون نشان می‌دهد.

جدول ۲- میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای مورد مطالعه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

نام متغیر	گروه	میانگین و انحراف استاندارد	
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون
تغییرات مرکز فشار داخلی - خارجی (سانتی‌متر)	کنترل	۱/۹۲ ± ۰/۱۱	۱/۹۸ ± ۰/۱۳
	تجربی	۱/۸۵ ± ۰/۰۵	۰/۹۸ ± ۰/۱۴
تغییرات مرکز فشار قدامی - خلفی (سانتی‌متر)	کنترل	۱/۵۴ ± ۰/۰۹	۱/۵۸ ± ۰/۱۹
	تجربی	۱/۵ ± ۰/۰۹	۱/۳۵ ± ۰/۳۴
آزمون پرش تاک	کنترل	۷/۴ ± ۱/۳	۶/۸ ± ۱/۴
	تجربی	۷/۱ ± ۰/۹	۴/۵ ± ۱/۳

آزمون کرویت ماخلی بیانگر همگنی کواریانس‌های متغیرهای مورد مطالعه بود ($P > ۰/۰۵$). همچنین، سایر پیش‌فرض‌های آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری برقرار بود. نتایج این آزمون در جدول شماره سه نشان داده شده است.

جدول ۳- نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری

متغیر	منابع	اندازه اف	معناداری	ضریب اتا ²
پرش تاک	زمان	۲۵/۰۸۴	*۰/۰۰۱	۰/۵۳
	زمان * گروه	۱۰/۳۰۷	*۰/۰۰۴	۰/۳۱
	گروه	۹/۲۸۱	*۰/۰۰۶	۰/۲۹
نوسانات قدامی- خلفی	زمان	۱/۰۴۴	۰/۳۱۸	۰/۰۴
	زمان * گروه	۳/۰۷۷	۰/۰۹۳	۰/۱۲
	گروه	۴/۰۸۸	۰/۰۵۶	۰/۱۵
نوسانات جانبی	زمان	۱۰۵/۹۰۴	*۰/۰۰۱	۰/۸۲
	زمان * گروه	۱۴۵/۳۵۶	*۰/۰۰۱	۰/۸۶
	گروه	۳۶۰/۰۵۴	*۰/۰۰۱	۰/۹۴

* وجود تفاوت معنادار

همان‌گونه که در جدول شماره سه مشاهده می‌شود، پرش تاک و نوسانات جانبی تغییرات معناداری را با گذشت زمان نسبت به پیش‌آزمون داشته‌اند ($P \leq 0/05$). همچنین، اثر تعاملی بین زمان و گروه در متغیرهای نام‌برده معنادار است ($P \leq 0/05$). از منظر بین‌گروهی نیز تفاوت معناداری در امتیاز پرش تاک و نوسانات جانبی گروه تجربی و کنترل مشاهده می‌شود ($P \leq 0/05$). این درحالی است که تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی و همچنین، اثر تعاملی نوسانات قدامی- خلفی معنادار نیست ($P > 0/05$).

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش نشان داد که شش هفته تمرین نوروماسکولار، تأثیر معناداری بر کاهش تغییرات مرکز فشار جانبی و امتیاز پرش تاک زنان دارای غلبه لیگامانی دارند؛ حال آنکه این تمرین‌ها تأثیر معناداری بر تغییرات مرکز فشار قدامی- خلفی افراد ذکرشده ندارند. به‌طور کلی، تمرین‌های نوروماسکولار دربرگیرنده بخش‌های مختلفی مانند پلايومتریک، اغتشاشی، تکنیکی، ثبات مرکزی و تعادلی هستند که برای ترمیم تغییرات نوروماسکولار به‌کار برده می‌شوند و شرکت در تمرین‌ها نیز به‌خودی‌خود می‌تواند با بالابردن سطح آمادگی جسمانی ورزشکار مفید واقع شود و باعث بهبود عملکرد فرد شود. با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که احتمالاً این تمرین‌ها می‌توانند به‌سبب بهبود کنترل نوروماسکولار، آموزش تکنیک درست به فرد، بهبود ثبات مرکزی فرد و افزایش تعادل وی، باعث کاهش عوامل خطر مرتبط با آسیب ACL در زنان در معرض خطر آسیب لیگامان صلیبی قدامی شوند.

شینکل^۱ و همکاران (۲۳) در مطالعه خود بیان کردند هنگامی که تمرین‌ها براساس ثبات عضلانی باشند، قدرت می‌تواند افزایش پیدا کند و بهترین نماینده تمرینی برای افزایش ثبات عضلانی، تمرین‌های ثبات مرکزی هستند. تمرین‌های نوروماسکولار از تمرین‌های ثبات‌دهنده مرکزی نیز برخوردارند؛ پس، احتمالاً این تمرین‌ها 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. ثبات مرکزی باعث ثبات بدن در طول حرکت می‌شود که پیش‌زمینه‌ای حیاتی برای بهبود قدرت و توان است؛ درغیراین‌صورت، حرکاتی جبرانی اتفاق می‌افتند که می‌توانند تعادل نداشتن بدن را در طولانی‌مدت افزایش دهند. درنهایت، نبود تعادل در قدرت، تأثیر منفی بر عملکرد ورزشی دارد و امکان آسیب را افزایش می‌دهد (۲۳)؛ بنابراین، شاید بتوان گفت تمرکز بر تمرین‌های ثبات مرکزی که در تمرین‌های نوروماسکولار وجود دارد، می‌تواند عامل تأثیرگذار بر کاهش پرش تاک زنان دارای غلبه لیگامانی باشد. لطافت کار (۲۴) در پژوهش خود با بررسی تأثیر تمرین‌های اغتشاشی پیشرفته بر میزان زاویه فلکشن زانو در پرش تاک در افراد با نقص نوروماسکولار عنوان می‌کند که در تمرین‌های اغتشاشی پیشرفته، فرد تعادل خود را روی تخته‌ها در صفحات و وضعیت‌های مختلف و حتی در طی انجام فعالیت‌های ورزشی حفظ می‌کند. احتمالاً از جمله عوامل تأثیرگذار بودن تمرین‌های اغتشاشی بر افزایش زاویه فلکشن زانو می‌تواند این باشد که آزمودنی‌ها در جلسه‌های انتهایی تمرین‌هایشان، علاوه بر حفظ تعادل روی تخته‌ها، فعالیت‌های فانکشنال را نیز انجام می‌دادند؛ بنابراین، این توانایی به اجرای آن‌ها در پرش تاک انتقال پیدا کرده است و موجب بهبود اجرای این آزمون شده است. افزون‌براین، تمرین‌های اغتشاشی پیشرفته مورد استفاده به افزایش فعالیت مدیال همسترینگ منجر شده‌اند و از طرف دیگر، میزان فعالیت عضلات رکتوس فموریس و واستوس لترالیس را کاهش داده‌اند که همین عامل زمینه را برای افزایش زاویه فلکشن زانو در حین اجرای فعالیت‌های فانکشنال فراهم کرده است (۲۴).

والگوس زانو ارتباط معناداری با افزایش خطر آسیب ACL دارد (۷). تمرین‌های پلايومتریك بخش دیگری از تمرین‌های نوروماسکولار را در برمی‌گیرند. به نظر می‌رسد این تمرین‌ها که با پرش و فرودهای متوالی انجام می‌شوند، نقش مهمی در ایجاد سازگاری عصبی-عضلانی افراد در حین انجام فعالیت‌های پرشی داشته باشند. در واقع، می‌توان گفت تمرین‌هایی که ماهیت پلايومتریكی بیشتری دارند، موجب تغییر در مکانیک فرود شده‌اند و با تقویت آبداکتورهای ران به کاهش والگوس زانو و به دنبال آن، کاهش نوسانات جانبی مرکز فشار بدن کمک کرده‌اند. از سوی دیگر، مطابق با رویکرد سیستماتیک، زیرسیستم‌های عضلانی که از کمربند کمری-لگنی-رانی عبور می‌کنند، نقش مهمی در کنترل

عصبی عضلانی حرکات انسان دارند. در این راستا، پژوهش‌هایی وجود دارند که بر نقش تنه در افزایش توانایی ورزشکار برای کنترل بدن خود در فضا و کاهش خطر آسیب ACL دلالت می‌کنند (۲۵). فعال‌سازی عضلات تثبیت‌کننده‌های تنه و لگن برای متعادل کردن حرکات تنه و تنظیم پوسچر اندام تحتانی در حین اجرای مهارت‌های دینامیک، می‌تواند تاحدی شتاب تنه را کنترل کند و با حفظ ثبات اندام تحتانی از آسیب جلوگیری کند. کاهش فعالیت پیش‌بین تثبیت‌کننده‌های تنه و لگن می‌تواند باعث حرکت تنه به جانب و افزایش بارهای ابداعش زانو شود (۲۶). با جابه‌جایی تنه، مسیر حرکت نیروی عکس‌العمل زمین که با مرکز جرم همسو است نیز دچار جابه‌جایی‌هایی می‌شود؛ در نتیجه این جابه‌جایی‌های جانبی یا به عبارتی، فقدان کنترل نوروماسکولار کافی افراد دارای غلبه لیگامانی در صفحه فرونتال، نیروهایی ایجاد می‌شوند که می‌توانند موجب واگوس زانوی فرد شوند و تغییرات زیادی را در مرکز جرم در راستای داخلی-خارجی ایجاد کنند (۲۵)؛ بنابراین، این احتمال وجود دارد که تمرین‌هایی که در مراحل پیشرفته پایانی موجب وارد آمدن اغتشاشات جانبی به تنه شده‌اند، کنترل این بخش را بهبود بخشیده‌اند و باعث کاهش جابه‌جایی مرکز فشار در راستای داخلی-خارجی شده‌اند (۲۷). مطالعه جارد^۱ و همکاران (۲۸) نشان داد که بین تمرین‌های نوروماسکولار و کاهش آسیب ACL در پسران ورزشکار ارتباط معناداری وجود دارد؛ اما آن‌ها در مطالعه خود بین ارتباط این تمرین‌ها و کاهش آسیب دختران ورزشکار ارتباط معناداری پیدا نکردند؛ با این حال، سوگیموتو^۲ و همکاران (۲۹) بیان کردند که تمرین‌های نوروماسکولار باعث کاهش آسیب در ورزشکاران زن می‌شوند. آن‌ها در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که سن شرکت‌کنندگان، میزان تمرین نوروماسکولار، تنوع تمرین‌های نوروماسکولار و استفاده از بازخورد کلامی در حین تمرین‌ها، مؤلفه‌هایی هستند که بر بهینه‌سازی اثرهای پیشگیرانه تمرین‌های نوروماسکولار و کاهش صدمات ACL در زنان ورزشکار، تأثیر می‌گذارند.

نوسان کم در صفحه ساجیتال در افراد سالم، نشان‌دهنده نقش ACL در پایداری قدامی-خلفی در کنار لیگامان صلیبی خلفی^۳ است. یافته‌های پژوهش حاضر، کاهش تغییرات قدامی-خلفی مرکز فشار گروه تمرین نسبت به گروه کنترل را نشان دادند. این تغییرات از نظر آماری معنادار نبودند؛ اما از آنجایی که حفظ تعادل در راستای قدامی-خلفی سخت‌تر است، احتمال دارد در صورت انجام تمرینات در مدت زمان طولانی‌تر، تغییرات معناداری در بهبود تغییرات COP در صفحه ساجیتال مشاهده شوند (۳۰). هم‌انقباضی بهینه عضلات کوادریسپس و همسترینگ نقش مهمی در فرود تک‌پا و حفظ ثبات فرد ایجاد می‌کند (۳۱)؛ بنابراین، احتمال دارد مشاهده‌نشدن تأثیرگذاری معنادار تمرین‌های استفاده‌شده

1. Jared
2. Sugimoto
3. Posterior Cruciate Ligament

بر کاهش نوسانات قدامی- خلفی مرکز فشار بدن، به نبود هم‌انقباضی مطلوب بین عضلات همسترینگ و ران مربوط باشد.

در پژوهشی که تأثیر تمرین‌های پلیومتریک بر عملکرد ورزشکاران جوان سنجیده شد، نشان داده شد که تمرین‌های پلیومتریک تأثیر مفیدی بر قدرت انفجاری عضلات و عملکرد پرش در همه شرکت‌کنندگان داشته‌اند؛ از این رو، احتمال می‌رود که ماهیت پلیومتریکی برخی از تمرین‌های نوروماسکولار توانسته است بر قدرت و توان اندام تحتانی از جمله قدرت هیپ‌ابداکتورها در اثر تمرین‌ها اثر بگذارد و موجب افزایش کنترل راستای اندام تحتانی شود و فرد پرش‌ها را بدون وقفه و بدون افت تکنیک انجام دهد (۳۲). همچنین، اسدی و همکاران (۳۳) مطرح کردند که بخش پلیومتریکی تمرین‌های نوروماسکولار موجب بهبود کنترل پوسچر در بسکتبالیست‌های مرد می‌شود. این یافته‌ها می‌تواند توجیهی برای اثرگذاری بعد پلیومتریکی تمرین‌های نوروماسکولار بر کاهش جابه‌جایی‌ها در صفحه فرونتال و ساجیتال و کنترل فرود مناسب فرد در محل شروع پرش پا باشد.

در نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که تمرین‌های نوروماسکولار می‌توانند بر کاهش امتیاز پرش تاک و همچنین، کنترل پوسچر زنان با نقص غلبه لیگامانی تأثیر داشته باشند. غلبه لیگامانی به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار بر افزایش آسیب ACL در این جامعه است؛ بنابراین، به‌نظر می‌رسد که استفاده از تمرین‌های نوروماسکولار در برنامه تمرینی و توان‌بخشی این افراد زیرنظر متخصص آسیب‌شناسی ورزشی، می‌تواند خطر ابتلا به آسیب ACL را کاهش دهد.

منابع

1. Lam MH, Fong DT, Yung P, Ho EP, Chan WY, KM C. Knee stability assessment on anterior cruciate ligament injury: Clinical and biomechanical approaches. *Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol*. 2009;1(20):1-9.
2. Little D, Thompson JW, Dubois LG, Ruch DS, Moseley MA, Guilak F. Proteomic differences between male and female anterior cruciate ligament and patellar tendon. *Plos one*. 2014;9(5):1-14.
3. Swart E, Redler L, Fabricant DP, Mandelbaum RB, Ahmad SC, Wang CY. Prevention and screening programs for anterior cruciate ligament injuries in young athletes. *J Bone & Joint Surg*. 2014; 96:705-11.
4. Kiapour AM, Murray MM. Instructional review: Knee basic science of anterior cruciate ligament injury and repair. *Bone Joint Res*. 2014; 3:20-31.
5. Golchini A, Behpour N, Ahanjan SH. Static and dynamic equilibrium analysis of athletes with anterior cruciate ligaments reconstructed through arthroscopy. *Sport Science Res*. 2012;8(2): (In Persian).
6. Aslzaker F, Goharpey SH, Shaterzadeh M, Zahednejad SH, Navali A, Talebi GH. The effect of perturbation exercises along with traditional rehabilitation on functional tests

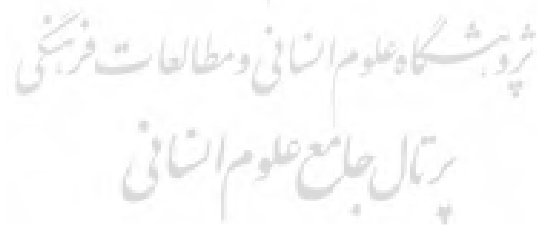
- and the relation between the power of hamstring and quadrice then in Cooper and non-Cooper groups of patients with anterior cruciate ligament injury. *J Rehabil Tehran University of Med Sci.* 2012;7(4): 153-169. (In Persian).
7. Letafatkar A, Rajabi R, Minoonejad H, Rabiei P. Efficacy of Perturbation-enhanced neuromuscular training on hamstring and quadriceps onset time, activation and knee flexion during a tuck- jump task. *Int J Sports Phys Ther.* 2019;14(2):214-227.
 8. Klugman MF, Brent JL, Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Does an in-season only neuromuscular training protocol reduce deficits quantified by the tuck jump assessment? *Clin Sports Med.* 2011;30(4):825-40.
 9. McGuine TA, Greene JJ, Best T, Levenson G. Balance as a predictor of ankle injuries in high school basketball players. *Clin J Sport Med.* 2000;10(4):239-44.
 10. Hewett TE, Torg JS, Boden BP. Video analysis of trunk and knee motion during non-contact anterior cruciate ligament injury in female athletes: lateral trunk and knee abduction motion are combined components of the injury mechanism. *Br J Sports Med.* 2009; 43:417-22.
 11. Nicknam H, Sarmadi A, Salavati M, Madadi F. Reliability of Center of pressure parameters in patients after anterior cruciate ligament reconstruction surgery. *Zahedan J Res Med Sci.* In Press. (In Persian).
 12. Zech A, Klahn P, Hoeft J, zu-Eulenburg C, Steib S. Time course and dimensions of postural control changes following neuromuscular training in youth field hockey athletes. *Eur J Appl Physiol.* 2014;114(2):395-403.
 13. Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Tuck jump assessment for reducing anterior cruciate ligament injury risk. *Athl Ther Today.* 2008;13(5):39-44.
 14. Bien DP. Rationale and implementation of anterior cruciate ligament injury prevention warm-up programs in female athletes. *J Strength Cond Res.* 2011;25(1):271-85.
 15. Hadadnezhad M, Rajabi R, Jamshidi A, Shirzad E. Effect of stability exercises on the activity of women's lumbar muscles, with trunk control defect. *Sports med studies.* 2015; 68:17-51. (In Persian).
 16. Herrington L, Myer GD, Munro A. Intra and inter-tester reliability of the tuck jump assessment. *Phys Ther Sport.* 2013; 14:152-155.
 17. Mohamadi H, Daneshmandi H, Alizade M, Shamsmajelan A. Investigation of neuromuscular screening tests effective in non-collision damage of anterior cruciate ligament. *J Kurdistan University Med Sci.* 2014; 105:20-85. (In Persian).
 18. Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Real-time assessment and neuromuscular training feedback techniques to prevent anterior cruciate ligament injury in female athletes. *Strength & Condition J.* 2011; 33:21-35.
 19. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS, 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. *Am J Sports Med.* 2005; 33:492-501.
 20. Shahamiri Fatahi F, Alizadeh M, Minoonezhad M. The effect of parenthesis anomalies on dynamic stability in single-foot single-leg jump task. *Sports Med Studies.* 2013; 52:31-9. (In Persian).

21. DI-Stasi S, Myer DG, Hewett TE. Neuromuscular training to target deficits associated with second anterior cruciate ligament injury. *J Orthop & Sports Phys Ther.* 2013;43(11):777-792.
22. Field A. *Discovering statistics using IBM SPSS statistics.* 4th edition. London: SAGE Publications; 2013. P.123-125.
23. Shinkle J, Nesser T, Demchak T, McMannus D. Effect of core strength on the measure of power in the extremities. *J Strength Cond Res.* 2012; 26:373-80.
24. Letafatkar A, Rajabi R, Takamejani E, Minoonezhad H. Effects of perturbation training on quadriceps and hamstring electromyographic ratios. *Koomesh.* 2014; 4(52): 469-481. (In Persian).
25. Hewett ET, Ford RK, Hoogenboom JB, Myer GD. Understanding and preventing ACL injury: Current biomechanical and epidemiologic considerations-update 2010. *North Am J Sports Phys Ther.* 2010; 5(4):234-251.
26. Zazulak B, Ponce P, Straub S, Medvecky M, Hewett T. Gender comparison of hip muscle activity during single-leg landing. *J Orthop & Sports Phys Ther.* 2005;35(5):292-299.
27. Myer GD, Chu DA, Brent JL, TE H. Trunk and hip control neuromuscular training for the prevention of knee joint injury. *Clin Sports Med.* 2008;27(3):425-48.
28. Murray JJ, Renier CM, Ahern JJ, Elliott BA. Neuromuscular training availability and efficacy in preventing anterior cruciate ligament injury in high school sports: A retrospective cohort study. *Clin J Sport Med.* 2017; 27:524-529.
29. Sugimoto D, Myer G, Barber K, Pepin M, Micheli L, Hewett T. Critical components of neuromuscular training to reduce ACL injury risk in female athletes: Meta-regression analysis. *Sports Med.* 2016; 50:1259-66.
30. Molka ZA, Lisinski P, Huber J. Visual biofeedback exercises for improving bodybalance control after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Phys Ther Sci.* 2015; 27:2357-2360.
31. TN Brown, SG McLean, Palmieri-Smith R. Associations between lower limb muscle activation strategies and resultant multi-planar knee kinetics during single leg landings. *J Sci Med Sport.* 2014;17(4):408-13.
32. Myer G, Ford K, McLean S, Hewett T. The effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics. *Am J Sports Med.* 2006; 34:445-55.
33. Asadi A, Saez E, Arazi H. The effects of plyometric type neuromuscular training on postural control performance of male team basketball players. *J Strength & Condition Res.* 2015;29(7):1870-5.

استناد به مقاله

محمدپور فاطمه، لطافت‌کار امیر، افتخاری فرشته. تأثیر تمرین‌های نوروماسکولار بر عملکرد و ثبات پاسچرال زنان دارای غلبه لیگامانی. مطالعات طب ورزشی. پاییز و زمستان ۱۳۹۷؛ ۱۰ (۲۴)، ۲۹-۴۲. شناسه دیجیتال: 10.22089/smj.2018.4666.1268

Mohamadpour F, Letafatkar A, Eftekhari F. The Effect of Neuromuscular Training on Postural Stability and Performance of Lower Extremity in Females with Ligament Dominance. Sport Medicine Studies. Fall & Winter 2019; 10 (24): 29-42. (Persian). Doi: 10.22089/smj.2018.4666.1268



The Effect of Neuromuscular Training on Postural Stability and Performance of Lower Extremity in Females with Ligament Dominance

F. Mohamadpour¹, A. Letafatkar², F. Eftekhari³

1. Department of Biomechanics and Sport Injuries, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Kharazmi University, Karaj, Iran

2. Department of Biomechanics and Sport Injuries, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

3. Department of Sport Sciences, School of Education and Psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran

Received Date: 2017/08/20

Accepted Date: 2018/09/11

Abstract

Introduction: Anterior cruciate ligament (ACL) injury is one of the most common sport injuries. This study attempts to investigate the effect of neuromuscular training on postural stability and performance of lower extremity in females with ligament dominance.

Methods: 24 subjects at risk of ACL injuries selected and were randomly assigned to experimental and control groups. The experimental group was undergoing to six-weeks of neuromuscular training program.

Result: The results showed significant differences in lateral center of pressure and performance in experimental group. while no significant difference was observed in control group. **Conclusion:** The result showed that six weeks of neuromuscular training may improve the COP and performance of women with ligament dominance.

Keywords: Anterior Cruciate Ligament Injury, Ligament Dominance, Neuromuscular Training, Center of Pressure Performance
