

اثر شش هفته تمرینات ثبات مرکزی بر سینماتیک تنه در زنان ورزشکار با نقص عصبی-عضلانی کنترل تنه

شادان محمدپور^۱، رضا رجیبی^۲، الهام شیرزاد^۳

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۸/۰۹

تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۸/۲۸

چکیده

لیگامان صلیبی قدامی (ACL)^۴ یکی از پر آسیب‌ترین لیگامان‌های زانو است. تفاوت‌های بیومکانیکی و عصبی-عضلانی تنه و اندام تحتانی طی اعمال ورزشی، محتمل‌ترین دلیل اختلاف قابل توجه نرخ بالای شیوع آسیب غیر برخوردار ACL در زنان به نسبت مردان است. هدف این تحقیق ارزیابی اثر شش هفته تمرینات ثبات مرکزی بر سینماتیک تنه شامل فلکشن رو به جلو و فلکشن جانبی در زنان ورزشکار با نقص کنترل عصبی-عضلانی تنه به-منظور پیشگیری از آسیب ACL. ۲۲ زن ورزشکار به‌طور تصادفی به دو گروه تمرینی (۱۱ نفر) و کنترل (۱۱ نفر) تقسیم شدند. گروه تمرینی، تمرینات ثبات مرکزی را طی شش هفته انجام دادند و گروه کنترل هیچ تمرین خاصی انجام ندادند. سینماتیک تنه در پیش‌آزمون و پس-آزمون طی فرود تک‌پا، با استفاده از دستگاه تحلیل حرکت ارزیابی شد. میزان فلکشن تنه در گروه تمرینی پس از شش هفته تمرین افزایش معنی‌داری پیدا کرد (از ۲۰/۰۸ تا ۲۷/۶۷ درجه)، اما در میزان فلکشن جانبی تنه کاهش معنی‌داری مشاهده نشد ($P=0/314$). در تحقیق حاضر در گروه تمرینی، میزان فلکشن رو به جلو به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. می‌توان این‌گونه بیان کرد که تمرینات ثبات مرکزی استفاده‌شده در تحقیق حاضر با افزایش ثبات ناحیه مرکزی بدن، احتمالاً استراتژی فراخوانی عضلات این ناحیه را بهبود داده است؛ از این رو با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که شش هفته تمرینات ثبات مرکزی در زنان ورزشکار با نقص عصبی-عضلانی کنترل تنه می‌تواند به کاهش عوامل خطر قابل تعدیل آسیب ACL نظیر برخی عوامل بیومکانیکی و عصبی-عضلانی منجر شود.

واژگان کلیدی: تمرینات ثبات مرکزی، سینماتیک تنه، زنان ورزشکار، نقص عصبی-عضلانی کنترل تنه، آسیب لیگامان صلیبی قدامی.

۱. کارشناس ارشد حرکات اصلاحی و آسیب شناسی ورزشی دانشگاه تهران (نویسنده مسئول)

Email: mohamadpur@ut.ac.ir

۲. استاد دانشگاه تهران

۳. استادیار دانشگاه تهران

مقدمه

لیگامان صلیبی قدامی (ACL)^۱ یکی از پراسیب‌ترین لیگامان‌های زانو است که در ورزشکاران جوان ۱۵ تا ۲۵ ساله شیوع بیشتری دارد (۱۰). گزارش شده است که ۷۰ درصد آسیب‌های ACL غیربرخوردی و ۳۰ درصد آن‌ها برخوردی است (۳۴). با وجود اینکه هم مردان و هم زنان در معرض این آسیب قرار می‌گیرند، میزان شیوع این آسیب در زنان ورزشکار دو تا ده برابر بیشتر از مردان ورزشکار است (۳). چندین تئوری برای توضیح سازوکارهای زیربنایی تفاوت جنسیتی در میزان آسیب ACL ارائه شده‌اند. این تئوری‌ها شامل متغیرهای بیرونی و درونی^۲ (تفاوت‌های آناتومیکی، هورمونی، عصبی-عضلانی و بیومکانیکی) است (۱۶). عوامل عصبی-عضلانی و بیومکانیکی از متغیرهای درونی قابل تعدیل‌اند و مطالعه این عوامل بر این فرضیه تمرکز دارد که عوامل خطرزای بروز آسیب ACL در زنان ورزشکار با مقادیر نقص عصبی-عضلانی^۳ ارتباط دارند (۲۰). شواهد زیادی در ادبیات وجود دارد که کنترل عصبی-عضلانی ضعیف یا غیرطبیعی بیومکانیک اندام تحتانی طی اجرای حرکات ورزشی پرخطر، اصلی‌ترین عامل مشارکت‌کننده در سازوکار بروز آسیب ACL است (۳۵).

نقص‌های عصبی-عضلانی به‌عنوان اختلال در قدرت عضلانی، توان یا الگوهای فعال‌سازی تعریف شده است که به افزایش بارهای وارد بر مفصل زانو و ACL منجر می‌شوند (۳۹). زنان ورزشکار طی فعالیت‌های ورزشی، نقص‌های کنترل عصبی-عضلانی را نشان می‌دهند که موجب افزایش بارهای مفاصل اندام تحتانی می‌شوند (۲۲). کنترل عصبی-عضلانی به فعال‌سازی ناخودآگاه محدودکننده‌های پویای^۴ اطراف مفصل در پاسخ به محرک حسی برمی‌گردد (۸). پایداری پویا از طریق سیستم کنترل عصبی-عضلانی به حمایت از مفصل زانو طی حرکات پویای ورزشی کمک می‌کند. پایداری پویای بدن یا هر مفصل خاصی مانند زانو مشروط به کنترل عصبی-عضلانی جابه‌جایی تمام سگمنت‌های مشارکت‌کننده بدن طی حرکات است (۱۳). نقص در سیستم کنترل عصبی-عضلانی فعال، احتمالاً پایداری پویای زانو را تحت تأثیر قرار می‌دهد و بر ساختارهای لیگامانی غیرفعال فشاری وارد می‌کند که ممکن است از محدوده قدرت آن‌ها بیشتر باشد و به واماندگی مکانیکی^۵ منجر شود و خطر بروز آسیب ACL را افزایش دهد (۳۱).

-
1. Anterior Cruciate Ligament
 2. Extrinsic and intrinsic variables
 3. Neuromuscular deficit
 4. Dynamic restraints
 5. Mechanical failure

شواهد موجود پیشنهاد می‌کنند که ممکن است چهار نقص عصبی-عضلانی تسلط لیگامان^۱، تسلط چهارسر^۲، تسلط پا^۳ و تسلط تنه^۴ با سازوکارهای زیربنایی بروز آسیب ACL مرتبط باشند (۱۵)؛ از این رو باید این نقص‌ها در ورزشکاران مشخص شده و برنامه‌های خاصی که نقص عصبی-عضلانی ویژه‌ای را هدف قرار داده‌اند، ارائه شود (۱۶). این چهار نقص عصبی-عضلانی بالقوه به‌عنوان عوامل مهم بروز آسیب ACL و زانو در زنان ورزشکار بیان شده‌اند (۳۷). تسلط تنه (اختلال عملکرد ناحیه مرکزی بدن)^۵ به‌طور ساده ناتوانی در کنترل دقیق تنه در سه بعد تعریف می‌شود (۱۶). باور بر این است که تفاوت‌های بیومکانیکی و عصبی-عضلانی تنه و اندام تحتانی، محتمل‌ترین دلیل اختلاف قابل توجه شیوع بیشتر آسیب غیربرخوردی ACL در زنان است (۱۲). نقص در کنترل عصبی-عضلانی تنه ممکن است طی فرود و برش به حرکت جانبی غیرکنترلی تنه منجر شود. این نقص ممکن است حرکت و گشتاور ابداکشن زانو را از طریق سازوکارهای مکانیکی (حرکت جانبی نیروی عکس‌العمل زمین/حرکت جانبی مرکز فشار) و عصبی-عضلانی (افزایش گشتاور اداکتور هیپ) افزایش دهد (۱۹). اگر تنه به سمت جانب (به‌عنوان مثال سمت راست) حرکت کند (نسبت به پای اتکا)، بردار نیروی عکس‌العمل زمین نیز به سمت جانب (راست) حرکت می‌کند و نسبت به مرکز مفصل زانو دارای بازوی اهرم بلندتری خواهد بود که به‌طور مستقیم بار ابداکشن^۶ را در پای اتکا افزایش می‌دهد (۲۳). تجزیه و تحلیل کنترل عصبی-عضلانی تنه ممکن است دیدگاهی جدید برای تعیین سازوکارهای زیربنایی افزایش خطر بروز آسیب ACL و ارتقای برنامه‌های غربالگری و مداخله‌ای باشد (۱۸). کنترل عصبی-عضلانی ناکافی تنه یا ثبات ناحیه مرکزی^۷ ممکن است پایداری پویای اندام تحتانی را تحت تأثیر قرار دهد و با افزایش استرس وارد بر لیگامان‌های زانو به بروز آسیب منجر شود (۱۳). ثبات ناحیه مرکزی به‌عنوان توانایی بدن در حفظ راستای صحیح مجموعه کمری-لگنی-ران تعریف شده است. ثبات مرکزی، فونداسیون پایداری تنه است که اجازه ایجاد، انتقال و کنترل نیرو و حرکت را به سگمنت‌های دیستال زنجیره حرکتی می‌دهد (۵۸). فعالیت پیش‌بین^۸ تثبیت‌کننده‌های تنه و لگن برای متعادل کردن حرکات تنه و تنظیم پوسچر اندام

-
1. Ligament Dominance
 2. Quadriceps Dominance
 3. Leg Dominance
 4. Trunk Dominance
 5. Core Dysfunction
 6. Abduction load
 7. Core stability
 8. preactivation

تحتانی لازم است. کاهش فعالیت پیش‌بین تثبیت‌کننده‌های مذکور می‌تواند باعث حرکت تنه به جانب و افزایش بارهای ابداکشن زانو شود (۵۸). هوت و همکاران^۱ (۲۰۰۹) با مطالعه ویدئویی بروز آسیب ACL بیان کردند زنان ورزشکار، در مقایسه با مردان، در لحظه آسیب فلکشن جانبی تنه و ولگوس زانو بیشتری حین فرود داشته‌اند (۲۳). فورد^۲ و همکاران نیز کاهش کنترل فعال تنه را هم در صفحه ساجیتال و هم در صفحه فرونتال حین فرود در زنان گزارش کردند (۷). ضعف یا عدم استقامت عضلانی ناحیه مرکزی به عنوان عامل تعیین‌کننده در ولگوس زانو در پرش و فرودهای مکرر ذکر شده است (۲۹). علاوه بر ضعف عضلات مرکز بدن، مشاهده شده است که نقص حس عمقی در عضلات ناحیه مرکزی بدن نیز می‌تواند پایداری پویای زانو را تغییر دهد و از عوامل پیش‌بین خطر بروز آسیب در زنان ورزشکار، نه در مردان، در نظر گرفته شود (۵۹).

این ارتباط بین حس عمقی مرکز بدن و خطر آسیب ACL در زنان در مطالعه هوت و همکاران (۲۰۰۵) نیز گزارش شده است. آن‌ها دریافتند زنان با نقص ACL و بعد از عمل جراحی، در مقایسه با هم‌تایان مرد آسیب‌دیده و جراحی‌شده، بیشتر دارای نقص در حس عمقی و کنترل عصبی عضلانی مرکز بدن هستند (۲۰).

بر اساس این داده‌ها به نظر می‌رسد برنامه‌های تمرینات ثبات مرکزی شامل تمرین حس عمقی، اغتشاش^۳ و اصلاح نوسان بدن پتانسیل خطر آسیب غیربرخوردی ACL در زنان ورزشکار را کاهش می‌دهد (۵۹). بیومکانیک و قدرت اندام تحتانی و همچنین کنترل عصبی-عضلانی تنه و اندام تحتانی می‌توانند با تمرینات عصبی-عضلانی بهبود یابند (۲۲). ارتباط بین بیومکانیک اندام تحتانی و تنه - که با کنترل عصبی-عضلانی و خطر بروز آسیب ACL مرتبط است - به طراحی برنامه‌های تمرینی عصبی-عضلانی ویژه‌ای برای پیشگیری از این آسیب، به‌ویژه در زنان ورزشکار منجر شده است. طبق شواهد موجود، برنامه جهانی استاندارد برای پیشگیری از آسیب ACL وجود ندارد (۱). برای طراحی مداخلات تمرینی باید تفاوت‌های مشاهده‌شده در سازوکارهای بروز آسیب در نظر گرفته شود و برنامه‌های خاصی ارائه شوند که نقص عصبی-عضلانی ویژه‌ای را هدف قرار داده‌اند (۱۴). برنامه‌های مداخله‌ای متفاوتی بر تغییر مکانیک اندام تحتانی و تنه طی فعالیت‌های پویا تمرکز داشته‌اند. در مروری بر ادبیات پیشینه مشخص می‌شود که الگوهای حرکتی اندام تحتانی از طریق تمرینات جسمانی و تکنیکی اصلاح می‌شوند

1. Hewett et al.

2. Ford

3. Perturbation

(۲۱). تحقیقات نشان می‌دهند برنامه‌های تمرینی موجب بهبود تعادل پویا (۲۴)، افزایش زوایای فلکشن ران و زانو (۳۸)، کاهش گشتاورهای ولگوس و واروس زانو (۴۲)، اوج نیروی عمودی عکس‌العمل زمین (۲۲) و گشتاور فلکشن زانو (۳۰) طی فرود می‌شوند. تغییرات مشاهده شده در زنان بیشتر از مردان است که این ممکن است به دلیل پایین‌تر بودن خط پایه سطح عملکرد عصبی-عضلانی^۱ آن‌ها باشد (۲۳). بررسی تحقیقات نشان می‌دهد بیشتر برنامه‌های تمرینی به کاررفته شامل انواع مختلفی از تمرینات بوده‌اند که مانع درک اثربخشی انواع خاص تمرینات بر الگوهای حرکتی می‌شود؛ برای مثال تمرینات پلايومتریک و تمرینات تعادلی که توسط میر و همکاران^۲ (۲۰۰۶) مقایسه شدند، هر دو دارای مؤلفه تمرین مقاومتی بودند (۳۸). با وجود آنکه تمرینات عصبی-عضلانی چندگانه به‌طور موفقیت‌آمیزی در کاهش میزان بروز آسیب ACL اثرگذار بوده‌اند (۱۷، ۳۳، ۴۴)، مشخص نیست کدام نوع از تمرینات در تغییر الگوهای بیومکانیکی مؤثرتر است (۲۶)؛ برای مثال هوت و همکاران در مطالعه گروهی آینده‌نگر گزارش کردند زنان ورزشکاری که در یک برنامه تمرینی عصبی-عضلانی شامل تمرینات ثبات مرکزی شرکت کرده بودند، در مقایسه با زنان ورزشکاری که در برنامه شرکت نکرده بودند، کاهش ۷۲ درصدی در بروز آسیب زانو (شامل ACL) نشان دادند (۲۰). ترکیب انواع مختلف تمرینات در برنامه تمرینی، اختلاف اثر تمرینات گوناگون بر الگوهای حرکتی را پیچیده می‌کند (۲۱).

اگرچه در تحقیقات بر اجرای مداخلات تمرینی با هدف بهبود ثبات مرکزی تأکید شده است (۵۷)، تحقیقات محدودی برای ارزیابی برنامه‌های تمرین ثباتی و اثر آن بر میزان آسیب غیربرخوردی ACL وجود دارد (۲۶، ۳۶، ۵۰).

تاکنون غالب تحقیقات به‌صورت ترکیبی با تمرینات دیگر، اثربخشی تمرینات ثباتی را در کاهش عوامل خطر و میزان بروز آسیب ACL ارزیابی کرده‌اند و همچنین تنها به بررسی سینماتیک اندام تحتانی پرداخته‌اند (۵، ۴۳، ۴۸). با اینکه بسیاری از محققان توصیه می‌کنند که اثربخشی تمرینات ثباتی در کاهش عوامل خطر و میزان بروز آسیب ACL ارزیابی شود، تحقیقی وجود ندارد که با انجام غربالگری مناسب و انتخاب هدفمند آزمودنی‌ها به بررسی اثر این تمرینات بر سینماتیک تنه و اندام تحتانی پرداخته باشد. طبق دانسته محققان تنها یک مطالعه در سال ۲۰۱۱ به بررسی اثر این تمرینات، به‌صورت جدا و در مقایسه با تمرینات پلايومتریک، بر متغیرهای سینماتیکی پرداخته است که در این تحقیق تمام تغییرات ایجادشده مثبت نبودند و

1. Baseline neuromuscular performance level

2. Myer et al.

زاویه فلکشن زانو متعاقب هر دو نوع تمرین کاهش پیدا کرد که با نتایج تحقیقات قبلی متناقض است. به نظر می‌رسد ممکن است این تناقض به دلیل اجرا نکردن غربالگری، تعداد کم هفته‌های تمرینی و متفاوت بودن رشته‌های ورزشی آزمودنی‌ها باشد؛ از این رو با توجه به مطالب گفته شده، سعی محققان در این مطالعه آن است تا اثر شش هفته تمرینات ثبات مرکزی را بر سینماتیک تنه زنان ورزشکار با نقص کنترل عصبی-عضلانی تنه طی عمل فرود تک‌پا بررسی کند.

روش‌شناسی پژوهش

۲۲ دانشجوی دختر (۱۸ تا ۲۵ ساله) رشته تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تهران که در زمان انجام تحقیق در رشته بسکتبال (واحد درسی بسکتبال) مشغول به فعالیت بودند، در این تحقیق شرکت کردند. جامعه آماری تحقیق حاضر را دانشجویان دختر (۱۸ تا ۲۵ ساله) رشته تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تهران تشکیل می‌دادند که در سال تحصیلی ۹۰-۹۱ مشغول تحصیل بودند. آزمودنی‌ها به صورت هدفمند انتخاب شدند. برای ورود به تحقیق، نمونه‌ها باید دست‌کم دارای سه سال سابقه ورزشی منظم بودند و در آزمون پرش تاک^۱ نقص عصبی-عضلانی کنترل تنه در آن‌ها مشخص می‌شد. همچنین نمونه‌ها نباید تاریخچه‌ای از جراحی تنه یا اندام تحتانی، ناهنجاری‌های ستون فقرات (اسکولیوز، کایفوز و لوردوز)، ضایعه مینیسک، پارگی لیگامان‌های زانو، وجود آسیب ماندگار در اندام تحتانی (مانند تغییرات دژنراتیو در مفصل زانو، مچ پای بی ثبات) و بدراستایی‌های اندام تحتانی قابل رؤیت شامل ژنو والگوم، ژنو واروم، ژنو رکورواتوم، کف پای صاف و کف پای گود داشتند.

آزمودنی‌ها با استفاده از آزمون پرش تاک ارزیابی شدند تا افراد مبتلا به نقص عصبی-عضلانی کنترل تنه شناسایی شوند. قبل از اجرای آزمون پرش تاک، ارزیابی بیومکانیکی اجمالی برای تعیین احتیاط‌های لازم در مورد این آزمون انجام شد. مجموعه آزمون‌ها (۴، ۱۱) در جدول ۱ آمده است. پرش تاک (شکل ۲) نیازمند تلاش زیاد ورزشکار است. برای اجرای پرش تاک، ورزشکار با پاهای باز به اندازه عرض شانه می‌ایستد و به صورت عمودی شروع به پرش می‌کند و زانوهای خود را تا جایی که امکان دارد بالا می‌آورد. در بالاترین نقطه پرش، ران‌ها موازی با زمین قرار دارند. هنگام فرود، ورزشکار باید پرش تاک بعدی را شروع کند. این آزمون برای ۱۰ ثانیه اجرا می‌شود (۳۵، ۴۰). برای بهبود دقت ارزیابی از دو دوربین فیلم‌برداری^۲ استفاده شد.

-
1. Tuck Jump
 2. digital (30 Hz) video camera

دوربین‌ها با توجه به قد آزمودنی و به موازات صفحات عرضی و سهمی نسبت به آزمودنی تنظیم شدند. پس از انجام آزمون، برای بررسی سکانس‌های پرش از نرم‌افزاری ویژه^۱ استفاده و وضعیت تنه حین فرود در صفحات عرضی و سهمی بررسی شد (۴۱).



شکل ۱. پرش تاک

جدول ۱. آزمون‌های پیش‌نیاز پرش تاک (۴، ۱۱)

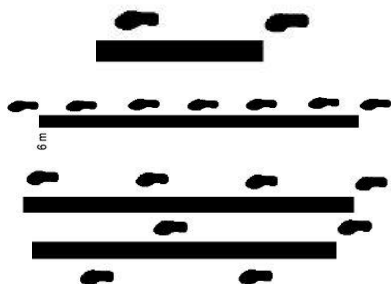
آزمون‌های تعادلی (۳۰ ثانیه در هر وضعیت، دو پا، تک پا، با چشم باز و با چشم بسته)

اسکات ۵۰٪

اسکات ۲۵٪

ایستاده

آزمون‌های عملکردی



انجام لی و به‌دست آوردن حداکثر فاصله

لی شش متر

انجام سه لی و به‌دست آوردن حداکثر فاصله

لی کراس اور

فردی که قادر نبود در محل شروع پرش فرود بیاید، در نقطه اوج پرش ران‌هایش موازی زمین قرار نگیرد و پرش‌هایش در طول ۱۰ ثانیه با وقفه انجام شوند، به‌عنوان فرد مبتلا به نقص کنترل تنه در نظر گرفته می‌شد (۳۵، ۴۰).

پیش‌آزمون و پس‌آزمون در آزمایشگاه ارگونومی دانشگاه دانشگاه علوم بهزیستی و توان‌بخشی

تهران اجرا شد. مقادیر سینماتیک تنه، با استفاده از دستگاه تحلیل حرکت^۱ و با پنج دوربین با نرخ نمونه برداری ۲۰۰ هرتز سنجیده شد. همچنین از یک صفحه نیرو^۲ ساخت آلمان با نرخ نمونه برداری ۱۰۰۰ هرتز برای ثبت لحظه تماس پا با صفحه نیرو استفاده شد. به منظور سنجش سینماتیک تنه برای هر آزمودنی چهار نشانگر بازتابنده اشعه مادون قرمز روی زانده آخرمی راست و چپ، زانده خاری مهره هفتم گردنی و ساکروم قرار داده شد (۵۲). داده‌ای که از سیستم آنالیز حرکت به دست می‌آمد، مختصات نشانگرها نسبت به سیستم مختصات متصل به زمین آزمایشگاه بود. پیش از ثبت داده‌های فرود تک‌پا، از شخص خواسته می‌شد به مدت ۳ ثانیه بدون حرکت بایستد تا مختصات نشانگرها در حالت پویا به دست آید. سپس، افراد سه بار فرود تک‌پا را در فضای تحت پوشش دوربین‌ها انجام می‌دادند و میانگین داده‌های این سه مرحله به عنوان داده فرود مربوط به هر فرد در نظر گرفته می‌شد. آزمودنی‌ها عمل فرود تک‌پا را با پای غالب از جعبه‌ای با ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر انجام دادند (۴۵). از آزمودنی‌ها خواسته شد دست‌ها را به حالت ضربدر روی سینه خود قرار دهند و تک‌پا روی صفحه نیرو فرود بیایند. آزمودنی در وضعیتی متعادل نزدیک به لبه جعبه به طریقی می‌ایستاد که پای غالب در حالت معلق قرار می‌گرفت. این وضعیت با کنترل مرکز ثقل، حرکات افقی بدن را محدود می‌کند. هیچ‌گونه دست‌ورعملی مبنی بر تکنیک اجرای صحیح فرود به ورزشکاران داده نشد. سه کوشش موفقیت‌آمیز برای هر آزمودنی ثبت شد. قبل از انجام آزمون، آزمودنی سه بار فرود را تمرین می‌کرد. در این تحقیق برای محاسبه زوایای تنه به کمک یک متخصص مهندسی پزشکی برنامه‌ای در محیط نرم‌افزار متلب نوشته شد.

افراد به صورت تصادفی به دو گروه مساوی تمرینی (تمرین ثبات مرکزی) و کنترل تقسیم شدند. آزمودنی‌های گروه کنترل بدون انجام هیچ تمرین خاصی و بدون اطلاع از وضعیت نمونه‌های دیگر، به زندگی روزمره خود ادامه دادند. آزمودنی‌های گروه تمرینی به مدت شش هفته (دو جلسه در هفته و هر جلسه به مدت ۲۵ تا ۴۰ دقیقه) تحت نظارت مستقیم آزمونگر در برنامه تمرینی شرکت کردند. در این تحقیق، از پروتکل تمرینی تعدیل‌شده پارک هاوس و همکاران^۳ (۲۰۱۰) استفاده شد (۴۶). در ابتدای هر جلسه تمرینی، آزمودنی به مدت ۵ دقیقه به گرم کردن بدن می‌پرداخت. افراد در هر جلسه شش حرکت را انجام می‌دادند. اضافه بار به صورت افزایش زمان و تکرار (ست‌ها، تکرار)، افزایش پیچیدگی حرکت و تغییر سطح اتکا اعمال می‌شد (جدول ۲).

1. VICON مدل ۴۶۰ ساخت کشور انگلستان

2. Kistler مدل 9286BA

3. Parkhouse et al.

در نهایت، پس از جمع‌آوری اطلاعات تحقیق، داده‌های مربوط به ویژگی‌های آزمودنی‌ها از قبیل سن، قد و وزن و نیز متغیرهای تحقیق در دو بخش آمار توصیفی و استنباطی در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ تجزیه و تحلیل شد. برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها (قد، وزن) در دو گروه از آزمون آماری کولموگروف-اسمیرنف^۱ و برای مقایسه متغیرهای سینماتیک تنه از آزمون تحلیل واریانس اندازه‌های تکراری^۲ استفاده شد. همچنین آزمون فرضیات در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد با آلفای کوچک‌تر یا مساوی ۰/۰۵ انجام شد.

جدول ۲. برنامه تمرین ثبات مرکزی (۵۱)

اشکال مختلف تمرین	تمرین
(۱) روی آرنج، بازوی بالایی کنار بدن، (۲) روی آرنج، بازوی بالایی کنار بدن، ابداکشن پای بالایی، (۳) روی آرنج، ابداکشن بازوی بالایی عمود بر بدن، (۴) روی دست، بازوی بالایی کنار بدن	پلانک طرفی
(۱) روی آرنج و زانو، (۲) روی آرنج و پنجه پا، (۳) روی آرنج و پنجه پا با اکستنشن یک پا، (۴) روی دستان و پنجه پا	پلانک کامل
(۱) بلند کردن یک دست، (۲) بلند کردن یک پا، (۳) بلند کردن دست و پای مخالف	برد داگ
(۱) دستان کنار بدن، پاها عریض، زانوها خم، (۲) ساعدها بالا، پاها عریض، زانوها خم، (۳) ساعدها بالا، پاها عریض، یک پا صاف، (۴) دستان کنار بدن، پاشنه هر دو پا بر روی توپ	کرانچ مورب
(۱) دستان کنار بدن، پاها عریض، زانوها خم، (۲) ساعدها بالا، پاها عریض، زانوها خم، (۳) ساعدها بالا، پاها عریض، یک پا صاف، (۴) دستان کنار بدن، پاشنه هر دو پا بر روی توپ	پل شکمی
(۱) دستان کنار بدن، پاها عریض، زانوها خم، (۲) ساعدها بالا، پاها عریض، زانوها خم، (۳) ساعدها بالا، پاها عریض، یک پا صاف، (۴) دستان کنار بدن، پاشنه هر دو پا بر روی توپ	هایپر اکستنشن معکوس

1. 1-sample K-S
2. mixed ANOVA repeated measure

یافته‌های پژوهش

ویژگی‌های فردی آزمودنی‌های دو گروه تمرینی و کنترل، در جدول ۳ آورده شده است. میانگین سینماتیک تنه طی فرود تک‌پا در لحظه تماس پا با زمین در دو گروه تحقیقی در پیش و پس‌آزمون در جدول ۴ آورده شده است.

میانگین زاویه فلکشن رو به جلو در گروه تمرینی و کنترل، قبل و بعد از شرکت در برنامه تمرینات ثبات مرکزی افزایشی ۷/۵۹ درجه‌ای را در گروه تمرینی و کاهشی ۳/۳ درجه‌ای را در گروه کنترل نشان می‌دهد (جدول ۴). نتایج آزمون ترکیبی تحلیل واریانس اندازه‌های تکراری نشان داد اثر اصلی گروه‌ها (تمرینات ثبات مرکزی و کنترل) نیز معنی‌دار ($P=0/345$) نیست، اما اثر تعاملی زمان بر گروه معنی‌دار است ($F=8/113$, $P=0/01$). با توجه به معنی‌داری اثر تعاملی زمان بر گروه از آزمون‌های تی زوجی (برای بررسی اختلافات درون‌گروهی) و تی مستقل (برای بررسی اختلافات بین‌گروهی) استفاده شد.

نتایج آزمون تی زوجی نشان داد در گروه تمرینی پس از شش هفته تمرین، در لحظه تماس پا با زمین طی فرود تک‌پا تغییر معنی‌داری در میزان فلکشن رو به جلو تنه به وجود آمده است ($t=2/916$, $P=0/015$) به نحوی که زاویه فلکشن تنه افزایش یافته است. در گروه کنترل پس از شش هفته میزان زاویه فلکشن رو به جلو تنه در لحظه تماس پا با زمین طی فرود تک‌پا تغییر معنی‌داری نداشت ($t=1/178$, $P=0/26$). نتایج آزمون تی مستقل نیز در پس‌آزمون نشان داد در میزان زاویه فلکشن رو به جلو تنه بین گروه‌های تحقیق اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($t=2/144$, $P=0/045$) (نمودار ۱). میزان اندازه تأثیر^۱ نیز برابر با ۰/۹۱ بود.

میانگین زاویه فلکشن جانبی تنه در گروه تمرینی و کنترل، قبل و بعد از شرکت در برنامه تمرینات ثبات مرکزی، در جدول ۴ آمده است. نتایج تحلیل واریانس اندازه‌های تکراری در مورد میزان فلکشن جانبی تنه در لحظه تماس پا با زمین طی فرود تک‌پا نشان داد اثر اصلی زمان (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) ($F=3/358$, $P=0/082$)، اثر اصلی گروه (گروه تمرینی و کنترل) ($F=0/17$, $P=0/685$) و اثر تعاملی زمان بر گروه ($F=1/068$, $P=0/314$) معنی‌دار نیست.

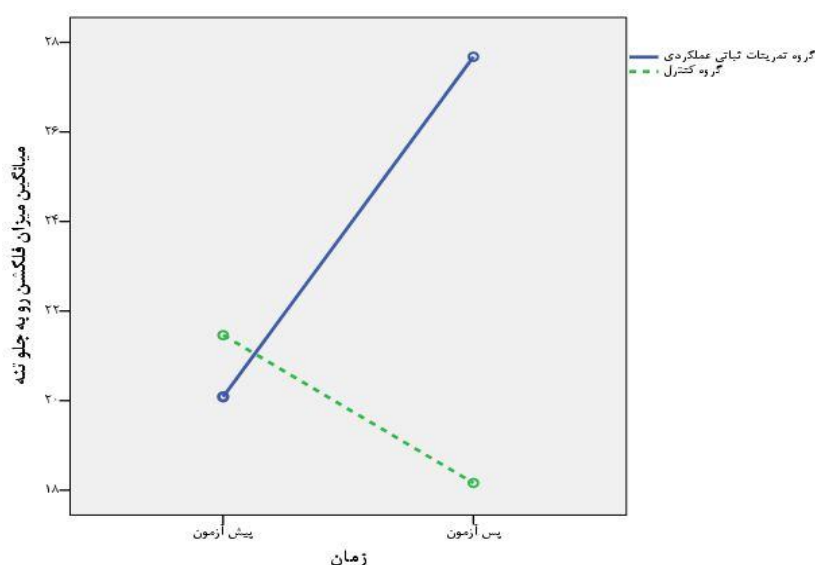
جدول ۳. اطلاعات توصیفی آزمودنی‌ها (میانگین \pm انحراف استاندارد) در گروه‌های تحقیق

P	t	گروه کنترل (n=11)	گروه تمرینی (n=11)	
۰/۷۹	-۰/۲۶۵	۲۲/۰۹ \pm ۰/۸۳	۲۲ \pm ۰/۷۷	سن (سال)
۰/۴۸	۰/۷۱۱	۱۶۰/۹ \pm ۴/۳۹	۱۶۲/۲۷ \pm ۴/۶	قد (سانتی‌متر)
۰/۴۳	۰/۸۰۶	۵۳/۳ \pm ۴/۳۲	۵۵/۸۶ \pm ۹/۶۱	وزن (کیلوگرم)

1. Effect Size (ES)

جدول ۴. اطلاعات توصیفی متغیرهای اندازه‌گیری شده (میانگین ± انحراف استاندارد) در پیش و پس از آزمون

گروه کنترل (n=۱۱)	گروه تمرینی (n=۱۱)		
۲۱/۴۶ ± ۱۰/۴۶	۲۰/۰۸ ± ۱۱/۹۹	پیش آزمون	زاویه فلکشن رو به جلو تنه (درجه)
۱۸/۱۶ ± ۹/۳۸	۲۷/۶۷ ± ۱۱/۳۴	پس آزمون	
-۰/۴۱ ± ۵/۱	-۰/۳۸ ± ۴/۲	پیش آزمون	زاویه فلکشن جانبی تنه (درجه)
۰/۰۸ ± ۳/۲۶	۱/۴۳ ± ۴/۰۵	پس آزمون	



شکل ۱. مقایسه میزان فلکشن رو به جلو تنه طی فرود تک پا در قبل و بعد از تمرینات بین گروه‌های تحقیق

بحث و نتیجه‌گیری

هدف این مطالعه بررسی اثر یک برنامه تمرینی ثباتی بر سینماتیک تنه در زنان ورزشکار با نقص عصبی-عضلانی کنترل تنه بود. در تحقیق حاضر پس از شش هفته تمرین ثبات مرکزی در گروه تمرینی، میزان فلکشن رو به جلو به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. فلکشن تنه استراتژی مهمی است که به‌کارگیری آن موجب سینماتیک ایمن ران و زانو در صفحه ساجیتال برای جذب انرژی طی فرود می‌شود. مشخص شده است که فلکشن رو به جلو کمتر تنه در زنان، آن‌ها را بیشتر در معرض خطر آسیب ACL قرار می‌دهد. با فلکشن کمتر تنه طی فعالیت‌های تحمل وزن، فشار وارد بر عضلات چهارسر برای حفظ مرکز ثقل بدن افزایش می‌یابد (۹)؛ به‌عنوان مثال طی فرود درآپ، در صفحه ساجیتال بردار نیروی عمودی عکس‌العمل زمین

بین ران و زانو قرار می‌گیرد که موجب ایجاد گشتاور فلکشن در این مفصل می‌شود (۴۹). خم کردن تنه به جلو، بردار نیروی عمودی عکس‌العمل زمین را از مرکز مفصل ران دور می‌کند؛ از این رو فشار وارد بر اکستنسورهای ران را افزایش و فشار وارد بر اکستنسورهای زانو را کاهش می‌دهد (۴۹). فلکشن تنه طی فرود موجب جذب بیشتر انرژی می‌شود و نیروی کمتری را به زانو منتقل می‌کند (۲). با وجود این، تحقیقات اندکی به بررسی اثر تمرینات مختلف بر سینماتیک تنه پرداخته‌اند. در این خصوص جکسون (۲۰۱۱) (۲۶) نشان داد چهار هفته تمرینات ثبات مرکزی در مقایسه با تمرینات پلايومتریك نتوانستند سینماتیک تنه را تغییر دهند. ۳۳ زن ورزشکار لاکروس و فوتبال در این مطالعه شرکت کردند و به سه گروه کنترل، تمرین پلايومتریك و تمرین ثبات مرکزی تقسیم شدند. پس از چهار هفته برنامه تمرینی، نتایج نشان داد تمرین پلايومتریك و ثبات مرکزی باعث تغییر در متغیرهای سینماتیک زانو شدند و تمرین ثبات مرکزی علاوه بر تغییر در سینماتیک زانو، متغیرهای سینماتیک ران را نیز تحت تأثیر قرار داد، اما تغییری در زاویه فلکشن تنه ایجاد نکرد. تمام تغییرات ایجادشده مثبت نبودند و زاویه فلکشن زانو پس از هر دو نوع تمرین کاهش یافت که با نتایج تحقیقات قبلی متناقض است. جکسون به دلیل این تناقض با تحقیقات قبلی اشاره‌ای نکرده است. به نظر می‌رسد، ممکن است این تناقض به دلیل اجرا نکردن غربالگری، تعداد کم هفته‌های تمرینی و متفاوت بودن رشته‌های ورزشی آزمودنی‌ها باشد. قابل به ذکر است جز این، تحقیق مشابهی که اثر تمرینات مختلف را بر سینماتیک تنه بررسی کرده باشد، برای مقایسه با نتایج تحقیق حاضر یافت نشد.

مشخص شده است که کنترل ضعیف تنه، آسیب لیگامان‌های زانو (هر لیگامان زانو) و آسیب ACL را پیش‌بینی می‌کند (۵۸) و تحقیقات نشان داده‌اند که نقص عصبی-عضلانی کنترل تنه یا تسلط تنه، موجب اختلال در عملکرد مرکز بدن و ناتوانی در کنترل دقیق تنه در سه بعد می‌شود. مرکز بدن به‌عنوان جعبه‌ای عضلانی در نظر گرفته می‌شود که به ثبات ستون فقرات، لگن و زنجیره حرکتی طی حرکات عملکردی کمک می‌کنند. هنگامی که این سیستم درست کار کند به توزیع مناسب و تولید حداکثر نیرو با حداقل نیروهای فشارنده، انتقالی و برشی در مفاصل زنجیره حرکتی، کنترل بهینه حرکات و جذب مناسب نیروهای ضربه‌ای حاصل از نیروهای عکس‌العمل زمین منجر می‌شود. به دلیل آنکه سگمنت تنه بیشتر از ۳۵ درصد حجم بدن را تشکیل می‌دهد (۲۸)؛ حرکت و/یا وضعیت آن طی فرود بر نیروی عکس‌العمل زمین تأثیرگذار است (۲۷). با افزایش قدرت مرکز بدن، کنترل بدن و تعادل افزایش یافته و میزان آسیب کاهش می‌یابد (۴۷). زمانی که نیروهای عکس‌العمل ناشی از حرکت اندام، پایداری تنه

را به چالش می‌کشد برخی از عضلات قبل از عضلات آگونیسست اندام برای جبران اثر اغتشاش بر پوسچر منقبض می‌شوند. اعمال عضلات باید به‌طور دقیق در زمان صحیح، برای مدت صحیح و با ترکیبی درست از نیروها اتفاق افتد (۶). سیستم عصبی مرکزی از استراتژی‌های مختلف (پیش آماده‌سازی پوسچرال^۱، تنظیمات پیش‌بین پوسچرال^۲، تنظیمات بازفعالی پوسچرال^۳) برای کنترل پوسچر طی حرکات استفاده می‌کند. تنظیماتی که در پوسچر، همراه یا قبل از شروع حرکت ارادی اتفاق می‌افتد، تنظیمات پیش‌بین یا فیدفوروارد پوسچرال نامیده می‌شود. این تنظیمات در پیش‌بینی اثر شناخته‌شده هر حرکت در پایداری پوسچرال و برای کاهش نوسان پوسچرال اتفاق می‌افتد. عضلات تنه به‌صورت حالت فیدفورواردی عمل می‌کنند و قبل یا با ترکیب عضلات حرکت‌دهنده اصلی اندام برای کاهش گشتاورهای ایجاد شده توسط اغتشاش فعال می‌شوند (۵۳). تنظیمات پیش‌بین پوسچرال، پایداری پروگزیمال را برای حرکت دیستال ایجاد می‌کند. افزایش سفتی مرکز بدن، پایداری پروگزیمال را برای حرکات اندام تحتانی و فوقانی، حفظ مرکز ثقل در سطح اتکا و جذب مؤثر نیروهای ایجادشده دیستال فراهم می‌کند (۲۹). هم‌انقباضی عضلات آنتاگونیست تنه در آماده‌سازی برای و در پاسخ به بار وارد بر ستون فقرات توسط چندین محقق گزارش شده است و در برخی مطالعات تطابق پیش‌بینی-کننده پوسچر در عضلات مهم تنه قبل از حرکات ارادی نشان داده شده‌اند (۵۶). کولاس و همکاران (۲۰۰۶) (۲۷) کنترل فیدفورواردی عضلات تنه را طی فرود، براساس فعالیت عضلات شکمی قبل از تماس با زمین گزارش کردند. آن‌ها بیان کردند که فعالیت عضلات تنه برای آماده‌سازی حرکت فرود است. مطالعات گذشته پیش‌فعال‌سازی عضلات اندام تحتانی (۲۵، ۵۱) و عضلات تنه (۲۷، ۲۵) را طی فرود و قبل از تماس با زمین نشان داده‌اند. ایدا و همکاران (۲۰۱۱) (۲۵) افزایش فعالیت عضلات مورب خارجی، راست شکمی و دوقلو میانی را قبل از تماس با زمین طی فرود نشان دادند و بیان کردند که این عضلات به‌منظور آماده‌سازی برای ضربه فرود، با افزایش سفتی مفصل مچ پا و فشار درون شکمی فعال شده‌اند و به‌عنوان کنترل پیش‌بین پوسچرال برای جذب نیرو عمل می‌کنند.

تحقیقات پیشین نشان داده‌اند که تمرینات ثباتی می‌تواند باعث تغییر الگوهای فراهوانی عضلات شوند. استیونس و همکاران (۲۰۰۶) (۵۴) به بررسی اثر تمرینات ثباتی لومبار بر الگوهای فراهوانی عضلات در افراد سالم پرداختند و نشان دادند سطح فعالیت عضلات لوکال

-
1. Postural preparation
 2. anticipatory postural adjustments
 3. reactive postural adjustments

شکمی افزایش یافته است. همچنین، تغییرات اندکی در فعالیت عضلات گلوبال مشاهده شد. این محققان دریافتند که الگوهای فراخوانی عضلات می‌تواند در افراد سالم، با استفاده از برنامه-ای تمرینی که بر کنترل عصبی-عضلانی تأکید دارد، تغییر یابد. تسائو و هاجز نیز بهبودی در زمان آغاز فعالیت عضله عرضی شکم را در افراد مبتلا به کمردرد حتی بعد از یک جلسه تمرین نشان دادند و گزارش کردند که میزان بهبودی در زمان آغاز فعالیت عضله عرضی شکمی بعد از هشت هفته تمرین بسیار مشهودتر بوده است (۵۵).

با توجه به مطالب بیان شده، می‌توان این‌گونه استنباط کرد که تمرینات ثبات مرکزی استفاده-شده در تحقیق حاضر با افزایش ثبات ناحیه مرکزی بدن، احتمالاً استراتژی فراخوانی عضلات این ناحیه را بهبود داده که موجب به‌کارگیری استراتژی بهتر جذب نیرو از طریق افزایش میزان فلکشن تنه شده است.

حرکت تنه زنان ورزشکار اغلب شدید و جهت‌دار است که به میزان زیادی به دلیل اینرسی سگمنت‌های بدن و عملکرد عضلات مرکزی ورزشکار است. کاهش کنترل مرکز بدن به حرکات شدید تنه، به‌ویژه در صفحه فرونتال منجر می‌شود (۳۲). فلکشن جانبی تنه در زنان و مردان در جهت‌های مخالف است به‌طوری که زنان تنه را به سمت پایی که وزن را تحمل می‌کند خم می‌کنند و مردان به سمت پایی که وزن را تحمل نمی‌کند (۲۳). در تحقیق حاضر، اگرچه در این گروه از منظر کلینیکی میزان فلکشن جانبی پس از شش هفته تمرین کاهش پیدا کرد، این میزان از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. از دلایل احتمالی برای معنی‌دار نبودن این نتایج می‌توان به این نکته اشاره کرد که در پیش‌آزمون، مقدار میانگین فلکشن جانبی زیاد نبوده و نمی‌توان تغییر بیشتری را در پس‌آزمون انتظار داشت. دلیل آنکه این مقادیر در پیش‌آزمون زیاد نبود، ممکن است در عمل انتخاب‌شده فرود تک‌پا باشد. محققان بیان کرده‌اند که این عمل بیشتر نیازمند حرکات در صفحه ساجیتال است و طی آن حرکات صفحه فرونتال کمتر درگیر می‌شوند؛ از این رو ممکن است با انتخاب دیگر اعمال ورزشی، بهتر بتوان اثر تمرینات را در کاهش میزان فلکشن جانبی ارزیابی کرد. همچنین ممکن است معنی‌دار نبودن این نتایج به-دلیل کم بودن حجم نمونه این تحقیق باشد.

نتایج تحقیق حاضر شواهدی مبنی بر اثر مثبت تمرینات ثبات مرکزی بر سینماتیک تنه و بهبود کنترل تنه در زنان ورزشکار با نقص عصبی-عضلانی کنترل تنه ارائه داد؛ از این رو با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان گفت شش هفته تمرینات ثبات مرکزی در زنان ورزشکار با نقص عصبی-عضلانی کنترل تنه می‌تواند عوامل خطر قابل تعدیل آسیب ACL نظیر عوامل بیومکانیکی و عصبی-عضلانی را کاهش دهد. پیشنهاد می‌شود محققان و مربیان برای طراحی

مداخلات تمرینی به منظور پیشگیری از آسیب غیربرخوردی ACL، تفاوت‌های مشاهده‌شده در سازوکارهای آسیب را در نظر بگیرند و برنامه‌های خاصی را ارائه دهند که نقص عصبی-عضلانی ویژه‌ای را هدف قرار داده‌اند (۱۴)؛ برای مثال در زنان، باید بیشتر بر تمرینات پویا و زمینی براساس ثبات مرکزی یا تمرینات پویای تنه تمرکز شود (۵۷، ۵۹).

منابع:

1. Agel, J., Arendt, E. A., & Bershadsky, B. (2005). Anterior Cruciate Ligament Injury in National Collegiate Athletic Association Basketball and Soccer. *The American Journal of Sports Medicine*, 33(4), 524-531.
2. Alentorn-Geli, E., Myer, G., Silvers, H., Samitier, G., Romero, D., Lázaro-Haro, C., et al. (2009). Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 17(7), 705-729. doi: 10.1007/s00167-009-0813-1
3. Arendt, E., & Dick, R. (1995). Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. *The American Journal of Sports Medicine*, 23(6), 694.
4. Bolgla, L. A., & Keskula, D. R. (1997). Reliability of lower extremity functional performance tests. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 26(3), 138-142.
5. Chappell, J. D., & Limpisvasti, O. (2008). Effect of a neuromuscular training program on the kinetics and kinematics of jumping tasks. *The American Journal of Sports Medicine*, 36(6), 1081.
6. Comerford, M. J., & Mottram, S. L. (2001). Movement and stability dysfunction – contemporary developments. *Manual Therapy*, 6(1), 15-26. doi: 10.1054/math.2000.0388
7. Ford, K. R., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2007). Increased Trunk Motion In Female Athletes Compared To Males During Single Leg Landing: 821: June 1 8: 45 AM-9: 00 AM. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(5), S70.
8. Griffin, L. Y., Agel, J., Albohm, M. J., Arendt, E. A., Dick, R. W., Garrett, W. E., et al. (2000). Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 8(3), 141-150.
9. Griffin, L. Y., Agel, J., Albohm, M. J., Arendt, E. A., Dick, R. W., Garrett, W. E., et al. (2000). Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries: Risk Factors and Prevention Strategies. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 8(3), 141-150.

10. Griffin, L. Y., Albohm, M. J., Arendt, E. A., Bahr, R., Beynnon, B. D., DeMaio, M., et al. (2006). Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(9), 1512.
11. Hamilton, R. T., Shultz, S. J., Schmitz, R. J., & Perrin, D. H. (2008). Triple-Hop Distance as a Valid Predictor of Lower Limb Strength and Power. *Journal of Athletic Training*, 43(2), 144-151.
12. Herman, D. C., Oñate, J. A., Weinhold, P. S., Guskiewicz, K. M., Garrett, W. E., Yu, B., et al. (2009). The effects of feedback with and without strength training on lower extremity biomechanics. *The American Journal of Sports Medicine*, 37(7), 1301.
13. Hewett, T., Zazulak, B., Myer, G., & Ford, K. (2005). A review of electromyographic activation levels, timing differences, and increased anterior cruciate ligament injury incidence in female athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 39(6), 347-350.
14. Hewett, T. E. (2000). Neuromuscular and hormonal factors associated with knee injuries in female athletes: strategies for intervention. *Sports Medicine*, 29(5), 313-327.
15. Hewett, T. E., Ford, K. R., Hoogenboom, B. J., & Myer, G. D. (2010). Understanding and preventing acl injuries: current biomechanical and epidemiologic considerations - update 2010. *North American journal of sports physical therapy : NAJSPT*, 5(4), 234-251.
16. Hewett, T. E., Ford, K. R., Hoogenboom, B. J., & Myer, G. D. (2010). Understanding and Preventing ACL Injuries: current biomechanical and epidemiologic considerations-update 2010. *North American journal of sports physical therapy: NAJSPT*, 5(4), 234-251.
17. Hewett, T. E., Lindenfeld, T. N., Riccobene, J. V., & Noyes, F. R. (1999). The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 27(6), 699-706.
18. Hewett, T. E., & Myer, G. D. (2011). The Mechanistic Connection Between the Trunk, Hip, Knee, and Anterior Cruciate Ligament Injury. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 39(4), 161.
19. Hewett, T. E., Myer, G. D., & Ford, K. R. (2005). Reducing knee and anterior cruciate ligament injuries among female athletes: a systematic review of neuromuscular training interventions. *The journal of knee surgery*, 18(1), 82.
20. Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Heidt, R. S., Colosimo, A. J., McLean, S. G., et al. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 33(4), 492.
21. Hewett, T. E., Shultz, S. J., & Griffin, L. Y. (2007). *Understanding and*

preventing noncontact ACL injuries: Human Kinetics Publishers.

22. Hewett, T. E., Stroupe, A. L., Nance, T. A., & Noyes, F. R. (1996). Plyometric training in female athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 24(6), 765.
23. Hewett, T. E., Torg, J. S., & Boden, B. P. (2009). 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. *British Journal of Sports Medicine*, 43(6), 417-422.
24. Holm, I., Fosdahl, M. A., Friis, A., Risberg, M. A., Myklebust, G., & Steen, H. (2004). Effect of neuromuscular training on proprioception, balance, muscle strength, and lower limb function in female team handball players. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 14(2), 88.
25. Iida, Y., Kanehisa, H., Inaba, Y., & Nakazawa, K. (2011). Activity modulations of trunk and lower limb muscles during impact-absorbing landing. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21(4), 602-609. doi: 10.1016/j.jelekin.2011.04.001
26. Jackson, K. R. (2011). *The effect of different exercise training interventions on lower extremity biomechanics and quality of movement in high school female athletes*. University of Virginia.
27. Kulas, A. S., Schmitz, R. J., Shultz, S. J., Henning, J. M., & Perrin, D. H. (2006). Sex-specific abdominal activation strategies during landing. *Journal of Athletic Training*, 41(4), 381-386.
28. Lees, A. (1981). Methods of Impact Absorption When Landing from a Jump. *Engineering in Medicine*, 10(4), 207-211.
29. Leetun, D. T., Ireland, M. L., Willson, J. D., Ballantyne, B. T., & Davis, I. M. (2004). Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(6), 926-934.
30. Lephart, S. M., Abt, J., Ferris, C., Sell, T., Nagai, T., Myers, J., et al. (2005). Neuromuscular and biomechanical characteristic changes in high school athletes: a plyometric versus basic resistance program. *British Journal of Sports Medicine*, 39(12), 932-938.
31. Li, G., Rudy, T., Sakane, M., Kanamori, A., Ma, C., & Woo, S. L. Y. (1999). The importance of quadriceps and hamstring muscle loading on knee kinematics and in-situ forces in the ACL. *Journal of biomechanics*, 32(4), 395-400.
32. Mackinnon, C. D., & Winter, D. A. (1993). Control of whole body balance in the frontal plane during human walking. *Journal of biomechanics*, 26(6), 633-644.
33. Mandelbaum, B. R. (2005). Effectiveness of a Neuromuscular and Proprioceptive Training Program in Preventing Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes: 2-Year Follow-up. *American Journal of Sports*

Medicine, 33(7), 1003-1010. doi: 10.1177/0363546504272261

34. McNair, P., Marshall, R., & Matheson, J. (1990). Important features associated with acute anterior cruciate ligament injury. *The New Zealand Medical Journal*, 103(901), 537.
35. Myer, G. D., Brent, J. L., Ford, K. R., & Hewett, T. E. (2011). Real-Time Assessment and Neuromuscular Training Feedback Techniques to Prevent Anterior Cruciate Ligament Injury in Female Athletes. *Strength & Conditioning Journal*, 33(3), 21.
36. Myer, G. D., Chu, D. A., Brent, J. L., & Hewett, T. E. (2008). Trunk and hip control neuromuscular training for the prevention of knee joint injury. *Clinics in sports medicine*, 27(3), 425-448.
37. Myer, G. D., Ford, K. R., Barber Foss, K. D., Liu, C., Nick, T. G., & Hewett, T. E. (2009). The relationship of hamstrings and quadriceps strength to anterior cruciate ligament injury in female athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 19(1), 3.
38. Myer, G. D., Ford, K. R., Brent, J. L., & Hewett, T. E. (2006). The effects of plyometric vs. dynamic stabilization and balance training on power, balance, and landing force in female athletes. *Journal of strength and conditioning research*, 20(2), 345.
39. Myer, G. D., Ford, K. R., & Hewett, T. E. (2004). Rationale and clinical techniques for anterior cruciate ligament injury prevention among female athletes. *Journal of athletic training*, 39(4), 352-364.
40. Myer, G. D., Ford, K. R., & Hewett, T. E. (2008). Tuck jump assessment for reducing anterior cruciate ligament injury risk. *Athletic therapy today: the journal for sports health care professionals*, 13(5), 39.
41. Myer, G. D., Ford, K. R., & Hewett, T. E. (2011). New method to identify athletes at high risk of ACL injury using clinic-based measurements and freeware computer analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 45(4), 238-244.
42. Myer, G. D., Ford, K. R., McLean, S. G., & Hewett, T. E. (2006). The effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(3), 445.
43. Myer, G. D., Ford, K. R., Palumbo, J. P., & Hewett, T. E. (2005). Neuromuscular training improves performance and lower-extremity biomechanics in female athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 51-60.
44. Myklebust, G., Engebretsen, L., Brækken, I. H., Skjølberg, A., Olsen, O. E., & Bahr, R. (2003). Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 13(2), 71-78.

45. Pappas, E., Hagins, M., Sheikhzadeh, A., Nordin, M., & Rose, D. (2007). Biomechanical Differences Between Unilateral and Bilateral Landings From a Jump: Gender Differences. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 17(4).
46. Parkhouse, K. L., & Ball, N. (2010). Influence of dynamic versus static core exercises on performance in field based fitness tests. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*.
47. Parkhouse, K. L., & Ball, N. (2011). Influence of dynamic versus static core exercises on performance in field based fitness tests. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 15(4), 517-524. doi: 10.1016/j.jbmt.2010.12.001
48. Paterno, M. V., Myer, G. D., Ford, K. R., & Hewelt, T. (2004). Neuromuscular training improves single-limb stability in young female athletes. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 34, 305-316.
49. Powers, C. M. (2010). The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: a biomechanical perspective. *J Orthop Sports Phys Ther*, 40(2), 42-51.
50. Roling, K. M. (2011). The effects of a lumbopelvic hip complex conditioning program on dynamic knee valgus in female tennis players.
51. Santello, M. (2005). Review of motor control mechanisms underlying impact absorption from falls. *Gait & Posture*, 21(1), 85-94. doi: 10.1016/j.gaitpost.2004.01.005
52. Schwane, B. G. (2011). Trunk and Lower Extremity Kinematics in Individuals With and Without Patellofemoral Pain Syndrome.
53. Silfies, S. P., Mehta, R., Smith, S. S., & Karduna, A. R. (2009). Differences in Feedforward Trunk Muscle Activity in Subgroups of Patients With Mechanical Low Back Pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 90(7), 1159-1169. doi: 10.1016/j.apmr.2008.10.033
54. Stevens, V., Vleeming, A., Bouche, K., Mahieu, N., Vanderstraeten, G., & Danneels, L. (2007). Electromyographic activity of trunk and hip muscles during stabilization exercises in four-point kneeling in healthy volunteers. *European Spine Journal*, 16(5), 711-718. doi: 10.1007/s00586-006-0181-1
55. Tsao, H., & Hodges, P. (2007). Immediate changes in feedforward postural adjustments following voluntary motor training. *Experimental Brain Research*, 181(4), 537-546. doi: 10.1007/s00221-007-0950-z
56. Willson, J. D., Dougherty, C. P., Ireland, M. L., & Davis, I. M. (2005). Core Stability and Its Relationship to Lower Extremity Function and Injury. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 13(5), 316-325.
57. Zazulak, B. T., Hewett, T. E., Reeves, N. P., Goldberg, B., & Cholewicki, J. (2007). Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(7), 1123.

58. Zazulak, B. T., Hewett, T. E., Reeves, N. P., Goldberg, B., & Cholewicki, J. (2007). Deficits in Neuromuscular Control of the Trunk Predict Knee Injury Risk. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(7), 1123-1130.
59. Zazulak, B. T., Hewett, T. E., Reeves, N. P., Goldberg, B., & Cholewicki, J. (2007). The effects of core proprioception on knee injury. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(3), 368.

ارجاع مقاله به روش APA

محمدپور، شادان؛ رجبی، رضا؛ شیرزاد، الهام؛ (۱۳۹۲)، اثر شش هفته تمرینات ثبات مرکزی بر سینماتیک تنه در زنان ورزشکار با نقص عصبی-عضلانی کنترل تنه، مطالعات طب ورزشی، ۱۳، ۵۳-۷۲

ارجاع مقاله به روش vancouver

محمدپور شادان؛ رجبی رضا؛ شیرزاد الهام. اثر شش هفته تمرینات ثبات مرکزی بر سینماتیک تنه در زنان ورزشکار با نقص عصبی-عضلانی کنترل تنه، مطالعات طب ورزشی، ۱۳۹۲؛ ۵ (۱۳): ۵۳-۷۲