پژوهش‌نامهٔ فیزیولوژی ورزشی کاربردی سال پانزدهم/شماره بیست و نهم/بهار و تابستان ۱۳۹۸

دریافت: ۹۷/۶/۲۷ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۱ ص ص: ۱۶۷-۱۵۵

تاثیر هشت هفته تمرینات پلایومتریک بر قدرت عضلات هیپ در زنان ورزشکار دارای والگوس دینامیک زانو

فرزانه ساکی[۱]، مریم مدهوش[۲]

چکیده

زمینه و هدف: والگوس دینامیک زانو یک الگوی حرکت غیرطبیعی است که با حرکت رو به داخل زانوها حین فعالیت‌های تحمل وزن مشخص می‌شود. کاهش قدرت عضلات هیپ با افزایش والگوس زانو ارتباط دارد. هدف از انجام تحقیق حاضر بررسی تأثیر تمرینات پلایومتریک بر قدرت عضلات هیپ زنان مبتلا به والگوس دینامیک زانو بود.

روش تحقیق: در این کارآزمایی تصادفی کنترل‌شده، ۲۶ زن دارای والگوس دینامیک زانو به صورت تصادفی در دو گروه تجربی و کنترل قرار گرفتند. قدرت عضلات اکستنسور، ابداکتور و اکسترنال روتیتور هیپ با استفاده از نیروسنج دیجیتال اندازه‌گیری شد. در طول هشت هفته گروه کنترل تنها در فعالیت‌های عادی دانشگاه شرکت داشتند، در صورتی‌که گروه تجربی در کنار تمرینات روتین، به‌مدت هشت هفته در تمرینات پلایومتریک شرکت کردند. از مدل ترکیبی تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری برای تحلیل داده‌ها استفاده شد ($P\leq ۰/۰۵$).

یافته‌ها: پس از اجرای برنامه مداخله، قدرت عضلات اکستنور ($F=۱۸/۳۶۷$ ،$P=۰/۰۰۳$)، ابداکتور ($F=۲۳/۲۷۱$ ، $P=۰/۰۰۰$) و اکسترنال روتیتور هیپ ($F=۱۴/۶۳۱$ ، $P=۰/۰۰۱$) در مقایسه با گروه کنترل بهبود معنی‌داری داشت.

نتیجه‌گیری: نتایج تحقیق حاضر شواهدی مبنی بر اثر مثبت تمرینات پلایومتریک بر قدرت عضلات هیپ در زنان ورزشکار دارای والگوس دینامیک زانو ارائه داد، از این رو با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان گفت هشت هفته تمرینات پلایومتریک در زنان ورزشکار با والگوس دینامیک زانو می‌تواند عوامل خطر قابل تعدیل آسیب ACL را کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: والگوس دینامیک زانو، تمرینات پلایومتریک، قدرت هیپ، آسیب‌های زانو

۱ استادیار، گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران. f_saki@basu.ac.ir

۲دانشجوی کارشناسی ارشد حرکات اصلاحی و آسیب شناسی ورزشی دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

مقدمه:

آسیب‌های رباط صلیبی قدامی (ACL) از آسیب‌های رایج زانو در زنان ورزشکار جوان است (۱). پیشگیری از این آسیب‌به شناسایی دقیق مکانیسم و ریسک فاکتورهای آسیب بستگی دارد (۲). کنترل نوروماسکولار عضلات ناحیه مرکزی بدن و هیپ که نقش مهمی در مکانیک اندام تحتانی دارد می‌تواند روی ریسک آسیب اثر گذار باشد (۳). حرکت بیش از حد زانو در صفحه فرونتال یک عامل موثر در ایجاد برخی از آسیب‌های حاد و مزمن زانو است. والگوس دایناميک زانو به‌عنوان یک ریسک فاکتور پیش‌بین آسیب ACL در تحقیقات آینده‌نگر شناسایی شده است. والگوس دایناميک زانو به‌عنوان ترکیب اداکشن و اینترنال روتیشن هیپ و ابداکشن زانو توصیف شده است (۴). با توجه به اصل زنجیره حرکتی، حرکت بیش از اندازه زانو در صفحه‌فرونتال به حرکات غیرطبیعی مفاصل پروگزیمال و دیستال، نسبت داده شده است (۵). هیپ به عنوان یک مفصل پروگزیمال ثبات استخوانی را برای اندام تحتانی فراهم می‌کند، اما فراهم شدن این ثبات دایناميک به تعامل پیچیده عضلات حین حرکت وابسته است. گشتاورهای خارجی که حین فاز لودینگ راه رفتن، دویدن و فرود به هیپ اعمال می‌شود باعث ایجاد گشتاور فلکشن، اداکشن و اینترنال روتیشن و والگوس در اندام تحتانی می‌شود (۳). این گشتاورها توسط عملکرد اکسنتریک اکستنسورها، ابداکتورها و اکسترنال روتیتورهای هیپ خنثی می‌شود (۶). کاهش تولید نیرو این عضلات باعث افزایش دامنه حرکتی اداکشن و اینترنال روتیشن هیپ حین فعالیت‌های تحمل وزن می‌شود و بطور بالقوه روی کینماتیک کل اندام تحتانی اثر می‌گذارد (۳).

یکی از عواملی که در ناتوانی فرد در کنترل حرکت اندام تحتانی صفحه فرونتال حین فعالیت‌های دینامیک نقش دارد، کاهش قدرت عضلات می‌باشد (۷). گزارش شده است بین قدرت ناکافی عضلات و آسیب‌های غیربرخوردی لیگامان صلیبی قدامی ارتباط بالقوه وجود دارد (۸). ضعف ابداکتورهای ران بوسیله تغییر کینماتیک تنه یا اندام‌تحتانی می‌تواند باعث افزایش استرس‌های مکانیکی روی مفاصل و بافت‌های نرم و در نهایت منجر به آسیب شود. خم شدن تنه به‌جانب در افرادی که دارای ضعف ابداکتورهای هیپ هستند به‌عنوان کینماتیک جبرانی که باعث کمردرد و آسیب می‌شود، مطرح شده است. شواهد همچنین نشان داده است که چرخش داخلی ران در ترکیب با والگوس زانو هنگام فرود، زانو را در وضعیتی قرار می‌دهد که باعث تحمیل استرس بر لیگامان صلیبی قدامی می‌شود (۷). این نتایج اهمیت عملکرد اکسنتریک عضلات گلوتئال را در کنترل چرخش داخلی بیش از حد ران و کاهش گشتاورهای اعمال شده به زانو نشان می‌دهند. نتایج تحقیق ساکی و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد بین قدرت ایزومتریک ابداکتورهای ران و زاویه والگوس زانو در لحظه تماس اولیه پا با زمین حین فرود–پرش همبستگی معنی‌داری وجود دارد. جهت این همبستگی نشان می‌دهد ضعف ابداکتورهای ران منجر به مقادیر بزرگتر والگوس زانو حین فرود–پرش می‌شود (۹). گیسر[1] و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند زمانی که افراد حین انجام فعالیت‌های عملکردی در شرایط خستگی هستند، قدرت ایزومتریک ابداکشن ران کاهش و زاویه والگوس زانو افزایش می‌یابد (۱۰). نتایج تحقیق کاگایا[2] و همکاران (۲۰۱۵) ارتباط معنی‌داری بین عملکرد ابداکتور ران و والگوس دایناميک زانو در بسکتبالیست‌های زن نشان دادند. گزارش شده است ورزشکاران با قدرت ابداکشن و اکسترنال روتیشن ضعیف ران، افزایش والگوس دایناميک زانو را نشان می‌دهند (۱۱). همچنین بل و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند افراد دارای حرکت زانوها به‌سمت داخل در صفحه‌فرونتال، قدرت ایزومتریک اکسترنال روتیشن بیشتری در مقایسه با

1- Geiser 2- Kagaya

افراد بدون حرکت زانو در صفحه‌فرونتال دارند (۱۲). شواهد نشان می‌دهد کاهش قدرت ابداکتورها و اکسترنال روتیتورهای ران یک عامل خطرآفرین برای آسیب‌های اندام تحتانی است (۴). از اینرو افزایش قدرت این عضلات بخصوص در افرادی که در معرض ریسک آسیب‌های اندام تحتانی هستند حائز اهمیت است.

تمرینات پلایومتریک نوعی از تمرینات رایج ورزشی هستند که برای افزایش توان و قدرت عضلانی استفاده می‌شوند. این تمرینات شامل کشش کنترل شده عضله (حرکت برون‌گرا) و بلافاصله بدنبال آن کوتاه شدن سریع عضله (حرکت درون‌گرا) می‌باشد. این تمرینات به دلیل ایجاد کشش و انقباض در عضلات، باعث فعال‌سازی مسیرهای سیگنالی درون سلولی و ایجاد هایپرتروفی تارهای عضلانی می‌شود (۱۳). انرژی ذخیره شده در زمان کوتاه شدن عضله در جهت تولید نیروی بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۴). محققان نشان داده‌اند که تمرینات پلیومتریک منجر به بهبود عملکرد پرش عمودی، قدرت پا، قدرت عضلانی وافزایش حسی–عمقی می‌شود (۱۵). از تمرینات پلایومتریک بصورت ترکیب با تمرینات دیگر در توانبخشی ورزشکاران آسیب دیده و همچنین پیشگیری از آسیب استفاده می‌شود.

تاکنون اکثر تحقیقات به صورت ترکیبی با تمرینات دیگر، اثربخشی تمرینات پلامتریک را ارزیابی کرده‌اند و تحقیقات اندکی اثر تمرینات پلامتریک را در کاهش ریسک فاکتورهای آسیب اندام تحتانی و بررسی کرده‌اند و به‌نظر می‌رسد تحقیقی که به بررسی اثر این تمرینات با انجام غربالگری مناسب و انتخاب هدفمند آزمودنی‌ها پرداخته باشد، وجود ندارد. از آن‌جایی که مطالعات محدودی تاثیر تمرینات پلایومتریک را بر قدرت عضلات هیپ در زنان ورزشکار دارای والگوس داینامیک زانو که یکی از ریسک فاکتورهای آسیب ACL است بررسی کرده‌اند و با توجه به اهمیت پیشگیری از آسیب، هدف از تحقیق حاضر تاثیر هشت هفته تمرینات پلایومتریک بر قدرت اکستنسورها، ابداکتورها و اکسترنال روتیتورهای ران در زنان دارای والگوس داینامیک زانو می‌باشد.

روش شناسی:

طرح حاضر از نوع نیمه‌تجربی با پیش‌آزمون و پس‌آزمون در دو گروه تجربی و کنترل است. جامعه آماری دانشجویان دختر تربیت‌بدنی ۱۹ تا ۲۳ سال دانشگاه بوعلی‌سینا بودند. حجم نمونه با استفاده نرم‌افزار جی پاور (با توان آزمون ۹۰ درصد، اندازه اثر ۰/۴ و فاصله اطمینان ۰/۹۵، ۲۰ نفر (۱۰ نفر در هر گروه) تخمین‌زده شد. این تعداد با توجه به احتمال ریزش نمونه‌ها برای هر گروه ۱۴ نفر در نظر گرفته شد و نمونه‌ها به‌صورت هدفمند انتخاب شدند. در روند انجام تحقیق در گروه کنترل دو نفر ریزش داشت که درنتیجه یافته‌های حاصل از آزمون‌های ۱۴ نفر در گروه تجربی با میانگین سن ۱/۳۲±۲۱/۷۱ سال، قد۶/۸۷±۱۶۵/۷۱ سانتی‌متر و جرم۸/۲۲±۵۸/۴۳ کیلوگرم، و ۱۲ نفر در گروه کنترل با میانگین سن ۱/۳۲±۲۱/۴۲ سال، قد ۶/۷۳±۱۶۳/۰۸ سانتی‌متر و وزن ۹/۵۰±۵۶/۷۳ کیلوگرم مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. معیارهای ورود به تحقیق عبارتند از: محدوده سن ۱۹ الی ۲۳ سال، داشتن زاویه والگوس بیشتر از ۱۲ درجه حین آزمون فرود تک. جهت انجام آزمون فرود تک‌پا از جعبه‌ای با ارتفاع ۳۰ سانتیمتر استفاده شد. آزمودنی در وضعیتی متعادل نزدیک به لبه جعبه به‌طریقی می‌ایستاد که پای غالب در حالت معلق (پاشنه‌پا در تماس با لبه‌جعبه) قرار می‌گرفت. این وضعیت با کنترل مرکز ثقل، حرکات افقی بدن را محدود می‌کند. هیچ‌گونه دستورالعملی مبنی بر تکنیک اجرای صحیح فرود به ورزشکاران داده نمی‌شد. دوربین دارای حافظه‌جانبی در ارتفاع ۱۰۲سانتیمتر بر روی سه‌پایه و در فاصله ۳۶۶سانتیمتر از جعبه در نمای فرونتال قرار گرفت. قبل از انجام آزمون، آزمودنی ۳ بار فرود را تمرین می‌کرد. سه کوشش موفقیت‌آمیز برای هر آزمودنی ثبت می‌شد.

میانگین زوایای سه کوشش در تجزیه و تحلیل نهایی مورداستفاده قرار گرفت. سپس زاویه والگوس زانو و دراپ لگن توسط نرم‌افزار کینوا[1] محاسبه شد. در واقع با بررسی فریم به فریم در تصاویر ویدیویی گرفته‌شده تصویر فرود کامل، فریمی بود که آزمودنی در پایین‌ترین ارتفاع (حداکثر فلکشن زانو) قرار می‌گرفت. زاویه والگوس زانو در فریم این تصویر محاسبه شد. زاویه والگوس زانو براساس تعیین زاویه حاده بین دوخطی که از خار خاصره‌ای قدامی فوقانی همان سمت با مرکز کشکک و خط عبوری از مرکز کشکک و مرکز قوزکها رسم می‌شد، تعیین شد. مارکرهای مشخص‌شده در ۴ ناحیه خاصره قدامی فوقانی سمت چپ و راست، مرکز استخوان کشکک و وسط مچ‌پا قرار داشتند. عدد به‌دست آمده از ۱۸۰ کم می‌شد و به‌عنوان زاویه راستای زانو در صفحه فرونتال در تحلیل نهایی مورد استفاده قرار گرفت. جعبه‌ای (۱۶)، داشتن حداقل دوسال سابقه ورزشی منظم، BMI بین ۲۰ تا ۲۵، عدم شرکت در هرگونه برنامه تمرینی (به‌غیراز تمرینات تحقیق حاضر) باهدف پیشگیری از آسیب‌های زانو طی ۶ ماه گذشته و در حین اجرای تحقیق، عدم سابقه درد، شکستگی و یا عمل جراحی در نواحی اندام‌تحتانی، رضایت فرد جهت شرکت در تحقیق (در ابتدا و یا در طول تحقیق). معیارهای خروج عبارتند از: عدم همکاری آزمودنی‌ها در جریان تحقیق، غیبت دو جلسه پیاپی در تحقیق، بروز درد در حین تمرینات. پس از امضای فرم رضایت‌نامه افراد به‌صورت تصادفی به دو گروه تمرینی (تمرینات پلایومتریک) و گروه کنترل تقسیم شدند. برای اندازه‌گیری اولیه آزمودنی‌ها در زمان مشخص به محل انجام آزمون مراجعه می‌کردند.

اندازه‌گیری‌های قدرت

قدرت ایزومتریک ابداکتورها، اکسترنال‌های روتیتورها و اکستنسورهای هیپ به‌وسیله نیروسنج دیجیتال مدل (JTECH Medical™ Commander instruments) مطابق روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. برای کنترل نیروی اعمال‌شده توسط آزمونگر، از استرپ استفاده شد. جهت آشنایی با نحوه آزمون به آزمودنی اجازه داده شد یک بار به‌صورت تمرینی آزمون‌های قدرت را انجام دهد. حین آزمون، آزمودنی‌ها تشویق می‌شدند در برابر کشش نیروسنج حداکثر نیروی خود را به‌کار گیرند. آزمون‌های قدرت به‌مدت پنج ثانیه، سه بار تکرار با ۱۵ ثانیه استراحت بین کوشش‌ها در پای برتر انجام شدند (۱۷). در نهایت حداکثر نیرو بعد از نرمال‌شدن با وزن فرد در تجزیه و تحلیل نهایی مورد استفاده قرار گرفت. برای ارزیابی قدرت اکستنشن هیپ، آزمودنی در وضعیت دمر روی میز معاینه و زانو در وضعیت فلکشن ۹۰ درجه قرار می‌گرفت. برای جلوگیری از حرکات لگن آزمودنی، لگن فرد به‌وسیله یک استرپ ثابت می‌شد. نیروسنج در بخش خلفی دیستال هیپ قرار می‌گرفت. سپس از آزمودنی خواسته می‌شد هیپ را اکستنشن ببرد و کشش را در نیروسنج ایجاد کند. برای اندازه گیری قدرت ابداکتورهای هیپ آزمودنی به پهلو روی میز معاینه قرار می‌گرفت به‌طوریکه اندام برتر که ارزیابی می‌شد بالا قرار گیرد. یک استرپ برای تثبیت لگن دور لگن قرار می‌گیرد و به آزمودنی آموزش داده می‌شود که اندام مورد آزمون را در صفر درجه ابداکشن قرار دهد. برای حفظ این وضعیت یک حوله رول‌شده یا یک بالش بین ران‌ها قرار می‌دهیم. استرپ دیگر برای تثبیت نیروسنج بالای قوزک خارجی قرار می‌گرفت. به آزمودنی آموزش داده می‌شد انگشتان پا را به سمت جلو نگه دارد و از خم‌کردن و چرخش‌خارجی هیپ خودداری کند و ابداکشن هیپ را با حداکثر تلاش انجام دهد. برای اندازه‌گیری قدرت ایزومتریک اکسترنال روتیشن هیپ، آزمودنی در وضعیت نشسته و ران و زانو او در ۹۰ درجه فلکشن قرار می‌گرفت. نیروسنج به موازات ساق پای فرد و استرپ که یک سمت آن به گیره نیروسنج وصل شده بود، در ۵

1 Kinovea

سانتیمتری پروگزیمال قوزک داخلی قرار می‌گرفت. سپس از فرد خواسته می‌شد حرکت اکسترنال روتیشن را با پای مورد آزمون انجام دهد. و کشش را در نیروسنج ایجاد کند. برای کنترل حرکات اندام فوقانی از آزمودنی خواسته می‌شد دست‌ها را به‌صورت ضربدری روی سینه قرار دهد.

آزمودنی‌های گروه تمرینی به‌مدت هشت هفته (سه جلسه در هفته و هر جلسه به‌مدت ۲۵ تا ۴۰ دقیقه) در برنامه تمرینی شرکت کردند. در این تحقیق از پروتکل تمرینی دی مارچ بالدون و همکاران[1] (۲۰۱۴) استفاده شد (جدول۱) (۱۸). هر آزمودنی بعد از اتمام دوره تمرینات تحت اندازه‌گیری ثانویه قرار می‌گرفت. قابل ذکر است آزمودنی‌های گروه کنترل پس از اندازه‌گیری اولیه بدون انجام تمرین پس از هشت هفته تحت اندازه‌گیری ثانویه قرار می‌گرفتند. . فرایند انجام این تحقیق توسط کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی استان همدان با شماره کد IR.UMSHA.REC.1396.841مورد تأیید قرار گرفت. برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها در دو گروه از آزمون شاپیرووویلک استفاده شد. در نهایت داده‌های به‌دست آمده با استفاده از روش ترکیبی تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند ($P\leq ۰/05$).

جدول ۱. برنامه تمرینات پلایومتریک

		فعالیت	زمان یا تکرار
فاز یک هفته اول و دوم	۱	جهش دیوار	۲۰ ثانیه
	۲	اسکات ثابت(۵ ثانیه)	۵ تکرار
	۳	پرش اسکات(۶۰- درجه خم شدن زانو)	۱۵ ثانیه
	۴	جهش پرش	۱۵ ثانیه
	۵	پرش افقی + اسکات ثابت (۵ ثانیه)	۸ تکرار
	۶	پرش۱۸۰ درجه	۲۰ ثانیه
	۷	پرش رو به جلو و عقب بر روی خط	۲۰ ثانیه
	۸	پرش از موانع	۸ تکرار
	۹	پرش افقی- میانی بر روی خط	۲۰ ثانیه
	۱۰	پرش افقی بر روی خط+ پرش عمودی	۸تکرار
	۱۱	پرش فرود + اسکات ثابت (۵ ثانیه)	۸ تکرار
فاز دوم هفته سوم تا پنجم	۱	ایستادن روی یک پا (۵ ثانیه)	۱۰ تکرار
	۲	جهش دیوار	۳۰ ثانیه
	۳	پرش اسکات(۶۰- درجه خم شدن زانو)	۲* ۱۵ ثانیه
	۴	پرش افقی سه گانه + پرش عمودی	۶ تکرار
	۵	پرش۱۸۰ درجه	۱۵ ثانیه
	۶	جهش پرش	۱۵ ثانیه

1 De Marche Baldon

		فعالیت	زمان یا تکرار
	۷	پرش از موانع+ پرش از سکو	۶ تکرار
	۸	پرش افقی– میانی از مانع	۲* ۱۵ ثانیه
	۹	پرش رو به جلو و عقب از مانع	۲* ۱۵ ثانیه
	۱۰	پرش و فرود قدامی + حداکثر پرش عمودی	۶ تکرار
	۱۱	پرش و فرود افقی + حداکثر پرش عمودی	۶ تکرار
	۱۲	روی یک پا (۵ ثانیه) اسکات ثاب با+هوپ عمودی	۶ تکرار
فاز سوم هفته ششم تا هشتم	۱	ایستادن روی یک پا (۵ ثانیه)	۱۰ تکرار
	۲	پرش تاک	۱۵ ثانیه
	۳	پرش افقی ۱۸۰ درجه	۲۰ ثانیه
	۴	جهش پرش با چرخش تنه	۲۰ ثانیه
	۵	حداکثر پرش افقی + حداکثر پرش عمودی	۶ تکرار
	۶	پرش هوپ رو به جلو و عقب	۱۵ ثانیه
	۷	پرش هوپ داخلی و خارجی روی خط	۱۵ ثانیه
	۸	هوپ افقی + ایستادن تک پا(۵ ثانیه)	۴ تکرار
	۹	پرش فرود خارجی +حداکثر پرش عمودی +حداکثر پرش افقی	۶ تکرار
	۱۰	هوپ افقی از روی مانع(۳) +پرش روی سکو	۴ تکرار
	۱۱	پرش هوپ خارجی(۲) و داخلی(۲) از روی سکو(۲) +هوپ روی سکو	۸ تکرار
	۱۲	پرش فرود تک پا+حداکثر هوپ عمودی	۴ تکرار

یافته‌ها

در جدول ۲ میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای تحقیق را در پیش آزمون و پس آزمون نشان می‌دهد (جدول ۲).

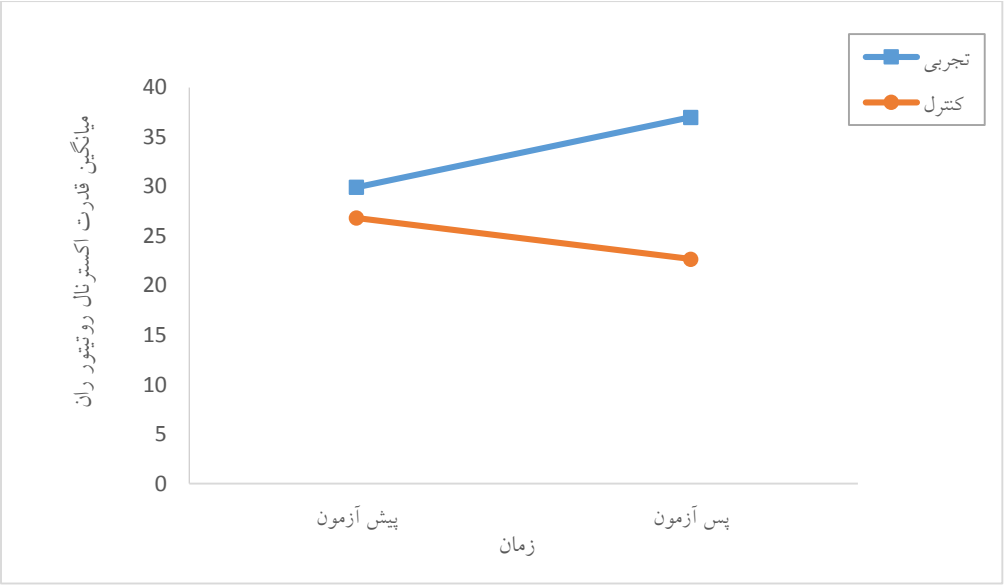
جدول ۲. اطلاعات توصیفی متغیرهای اندازه‌گیری شده (میانگین±انحراف استاندارد) در پیش و پس آزمون

		گروه تمرینی (n=۱۴)	گروه کنترل (n=۱۲)
قدرت اکستنسورهای ران (٪وزن بدن)	پیش آزمون	۱۹/۱۴±۹/۰۱۲	۲۶/۴۲±۱۹/۷۶
	پس آزمون	۴۰/۸۶±۱۱/۴۹	۲۸/۷۵±۱۵/۷۲
قدرت ابداکتورهای ران(٪وزن بدن)	پیش آزمون	۲۹/۹۳±۱۱/۲۸	۳۴/۵۰±۱۰/۹۶
	پس آزمون	۴۴/۵۷±۸/۵۱	۳۰/۶۷±۱۱/۶۶
قدرت اکسترنال روتیتورهای ران (٪وزن بدن)	پیش آزمون	۲۹/۹۳±۷/۱۹	۲۶/۸۳±۷/۷۳
	پس آزمون	۳۷±۶/۷۳	۲۲/۶۷±۷/۲۲

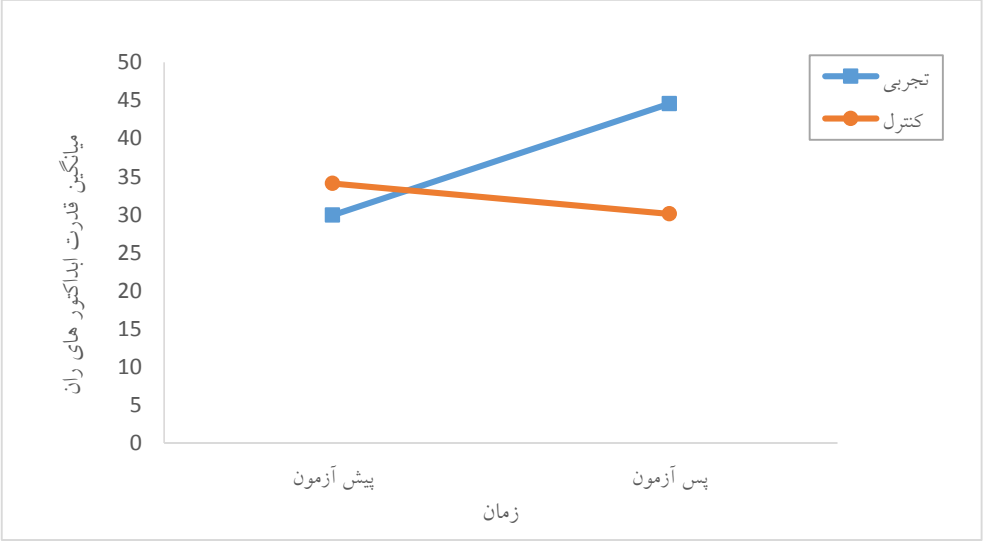
نتایج آزمون ترکیبی تحلیل واریانس اندازه‌های تکراری در مورد میزان قدرت اکسترنال روتیورهای ران نشان داد که که اثر اصلی زمان (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) (F=۰/۹۷۸ ، P=۰/۳۳۳) معنادار نبود، اما اثر اصلی گروه (گروه تمرینی و کنترل) (F=۱۲/۸۹۹ ، P=۰/۰۰۱) و اثر تعاملی زمان برگروه معنادار است (F=۱۴/۶۳۱ ، P=۰/۰۰۱) (نمودار۱). با توجه به معنی‌دار اثر تعاملی زمان بر گروه از آزمون‌های تی زوجی (برای بررسی اختلافات دورن گروهی) و تی مستقل (برای بررسی اختلافات بین گروهی) استفاده شد. نتایج آزمون تی زوجی نشان داد که پس از ۸ هفته تمرین میزان قدرت اکسترنال روتیتورهای ران درگروه تمرینی به‌طور معناداری افزایش یافته است (t=-۳/۱۲۷ ، P=۰/۰۰۸). پس از ۸ هفته میزان قدرت اکسترنال روتیتورهای ران در گروه کنترل کاهش معناداری داشت (t=۲/۳۷۱ ، P=۰/۰۳۷). نتایج آزمون تی مستقل در پس‌آزمون نشان داد که بین گروه‌های تحقیق در میزان قدرت اکسترنال روتیتورهای اختلاف معناداری وجود دارد (t=-۵/۲۰۱ ، P=۰/۰۰۰). همچنین اندازه اثر تمرینات برابر با ۰/۳۷۹ بود.

نتایج آزمون ترکیبی تحلیل واریانس اندازه‌های تکراری در مورد میزان قدرت ابداکتورهای ران نشان داد که اثر اصلی گروه (گروه تمرینی و کنترل) معنادار نبود (F=۱/۵۷۹ ، P=۰/۲۲۱)، اما اثر اصلی زمان (پیش‌آزمون و پس-آزمون) (F=۷/۹۶۵ ، P=۰/۰۰۹) ، و اثر تعاملی زمان بر گروه معنادار است (F=۲۳/۲۷۱ ، P=۰/۰۰۰) (نمودار۲). با توجه به معنی‌دار اثر تعاملی زمان بر گروه از آزمون‌های تی زوجی (برای بررسی اختلافات دورن گروهی) و تی مستقل (برای بررسی اختلافات بین گروهی) استفاده شد. نتایج آزمون تی زوجی نشان داد که پس از ۸ هفته تمرین میزان قدرت ابداکتورهای ران درگروه تمرینی به‌طور معناداری افزاش یافته است (t=-۵/۴۶۸ ، P=۰/۰۰۹). پس از ۸ هفته میزان قدرت ابداکتورهای ران در گروه کنترل تفاوت معناداری نداشت (t=۱/۴۱۴ ، P=۰/۱۸۵). نتایج آزمون تی مستقل در پس‌آزمون نشان داد که بین گروه‌های تحقیق در میزان قدرت ابداکتورهای ران اختلاف معناداری وجود دارد (t=-۳/۵۰۷ ، P=۰/۰۰۲). همچنین اندازه اثر تمرینات برابر با ۰/۴۹۲ بود.

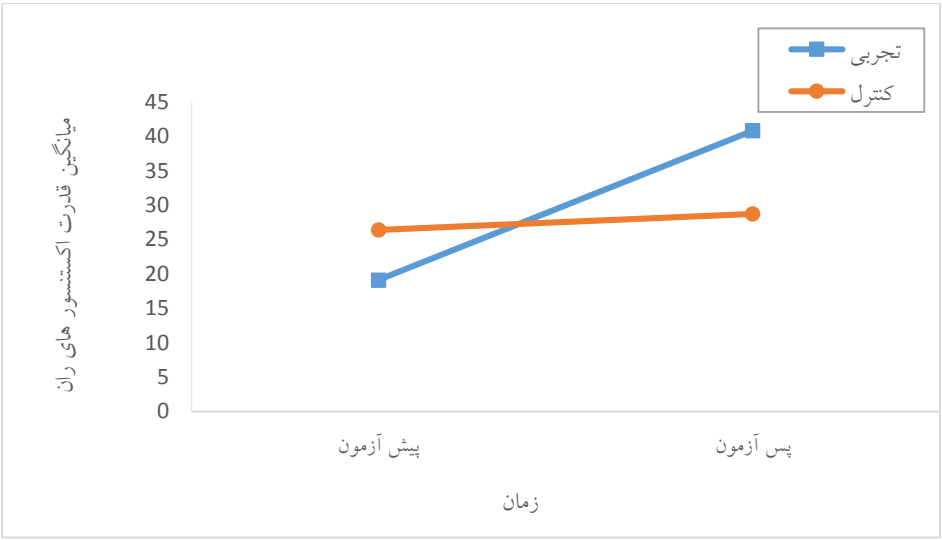
نتایج آزمون ترکیبی تحلیل واریانس اندازه‌های تکراری در مورد میزان قدرت اکستنسورهای ران نشان داد که اثر اصلی گروه (گروه تمرینی و کنترل) معنادار نبود (F=۰/۲۲۱ ، P=۰/۶۴۳)، اما اثر اصلی زمان (پیش‌آزمون وپس‌آزمون) (F=۲۸/۲۷۶ ، P=۰/۰۰۰) ، و اثر تعاملی زمان برگروه معنادار است (F=۱۸/۳۶۷، P=۰/۰۰۳) (نمودار۳). با توجه به معنی‌دار اثر تعاملی زمان بر گروه از آزمون‌های تی زوجی (برای بررسی اختلافات دورن گروهی) و تی مستقل (برای بررسی اختلافات بین گروهی) استفاده شد. نتایج آزمون تی زوجی نشان داد که پس از ۸ هفته تمرین میزان قدرت اکستنسورهای ران درگروه تمرینی به‌طور معناداری افزاش‌یافته است (t=-۸/۵۸۳ ، P=۰/۰۰۰). پس از ۸ هفته میزان قدرت اکستنسورهای ران در گروه کنترل تفاوت معناداری نداشت (t=-۰/۵۹۸ ، P=۰/۵۶۲).نتایج آزمون تی مستقل در پس‌آزمون نشان داد که بین گروه‌های تحقیق در میزان قدرت اکستنسورهای ران اختلاف معناداری وجود دارد (t=-۲/۲۶۳ ، P=۰/۰۳۳). همچنین اندازه اثر تمرینات برابر با ۰/۵۴۱ بود.



نمودار ۱. مقایسه پیش‌آزمون و پس‌آزمون قدرت اکسترنال روتیتورهای ران در گروه‌های مورد مطالعه



نمودار ۲. مقایسه پیش‌آزمون و پس‌آزمون قدرت ابداکتورهای ران در گروه‌های مورد مطالعه



نمودار ۳. مقایسه پیش‌آزمون و پس‌آزمون قدرت اکستنسورهای ران در گروه‌های موردمطالعه

بحث و بررسی

نتایج تحقیق نشان داد قدرت اکستنسورها، ابداکتورها و اکسترنال روتیتورهای ران بعد از هشت هفته تمرینات پلایومتریک به‌طور معنی‌دار افزایش یافت. برخی تحقیقات قبلی نقش قدرت عضلات روی کینتیک و کینماتیک زانو و ران در صفحه‌فرونتال را بررسی نموده‌اند (۱۹، ۲۰). این عضلات شامل ابداکتورها، اکستنسورها، اکسترنال روتیتورهای ران، همسترینگ، پلنتار فلکسورها و دورسی فلکسورها می‌باشد. البته تعیین ارتباط بین قدرت عضلات ران و مکانیک زانو در صفحه‌فرونتال به‌علت روش‌های متفاوت ارزیابی کینماتیک زانو در تحقیقات، مشکل است. تحقیقات زیادی نقش عضله گلوتئوس مدیوس را به‌عنوان یک ابداکتور قوی ران و عضله گلوتئوس ماکزیموس را به‌عنوان یک اکستانسور و اکسترنال روتیتور ران بررسی کرده‌اند. زیرا معتقدند قدرت کافی این عضلات می‌تواند در برابر اداکشن و اینترنال روتیشن ران مقاومت کند و در نتیجه والگوس زانو را محدود کند (۲۰).

اثر تمرینات پلایومتریک بر قدرت عضلات افراد سالم در تحقیقات قبلی مورد بررسی قرار گرفته است. میر و همکاران (۲۰۰۶) افزایش قدرت عضلات همسترینگ را پس از شش هفته تمرینات پلایومتریک گزارش کردند (۲۱). بوناسی و همکارن (۲۰۱۱) تأثر تمرینات پلایومتریک را بر ورزشکاران تریاتلون بررسی و تغییر در فعال‌شدن عضلات را پس از شش هفته مشاهده کردند (۲۲). اباس و همکاران (۲۰۰۵) نیز پس از ۱۲ هفته تمرینات پلایومتریک افزایش قدرت عضلات پا را مشاهده کردند (۲۳). نتیجه تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات مذکور همخوانی دارد.

تمرینات پلایومتریک نوعی از تمرینات توانی هستند که شامل انقباضات برونگرا و به‌دنبال آن انقباضات درونگرا می‌باشد (۲۴). که به‌منظور افزایش اجرای عصبی–عضلانی طراحی شده‌اند (۲۵). این تمرینات شامل اعمال چرخه کشش–کوتاه‌شدن شدید در مجموعهٔ عضله–تاندون بوده و نوعاً شامل تولید نیروهای عضلانی برونگرای زیاد است و به‌طور چشمگیری بزرگی باردهی بیشینه عضلات (گشتاور خالص مفصل) مشابه با بارهایی است که در خلال

حرکات تمرین قدرتی با مقاومت زیاد متداول دیده می‌شود. در نتیجه تحت‌تأثیر تمرینات پلایومتریک حتی ممکن است، در آزمودنی های کمتر فعال، به هیپرتروفی عضلانی منجر شود (۲۶).

حرکات تمرینات پلایومتریک بیشتر شامل حرکاتی از قبیل پریدن، لی‌لی‌کردن و جست‌وخیزکردن است (۲۴). از اینرو، این تمرینات توانایی عضلات در استفاده از مزایای کشسانی و چرخهٔ کشش–کوتاه شدن را افزایش می‌دهد (۲۷). در نتیجه این تمرینات موجب بهبود برونداد توان و افزایش حالت انفجاری عضلات توسط ایجاد سازگاری‌های عصبی عضلانی برای انجام کار بیشتر در زمان کوتاه‌تر می‌شود (۲۸). مکانیسم احتمالی که به‌وسیله آن تمرینات پلایومتریک می‌تواند نیرو یا توان خروجی را افزایش دهد، در ارتباط با اثر مهاری گیرنده‌های وتری‌گلژی روی تولید نیرو می‌باشد. از آنجا که گیرنده‌های وتری‌گلژی به‌عنوان یک عامل محدودکننده تانسیون عمل می‌کنند، میزان نیرویی که می‌تواند تولید شود را محدود می‌کنند. آستانه تحریکی گیرنده‌ها به‌عنوان یک عامل محدودکننده مطرح می‌شود. تمرینات پلایومتریک حساسیت گیرنده‌های وتری گلژی را کاهش داده و در نتیجه سطح مهارشدن را بالا می‌برد. در واقع چنانچه سطح مهار شدن افزایش یابد، بار بیشتری بر سیستم عضلانی اسکلتی اعمال می‌شود و در نتیجه توانایی تولید نیرو افزایش می‌یابد (۲۹). محققین بر این باورند که اثر تمرینات پلایومتریک به‌وسیلهٔ سازگاری-های عصبی عضلانی در به کارگیری واحدهای حرکتی یا فرکانس امواج عصبی، افزایش پتانسیل فیدبکی و یا تغییر در ویژگی‌های الاستیکی عضلات و بافت پیوندی به‌وجود می‌آید (۳۰). بنابراین تمرینات پلایومتریک باتوجه به سازگاری‌های نوروماسکولار نسبت به دیگر تمرینات دارای ارجحیت می‌باشد (۲۴).

نتیجه گیری

تمرینات پلایومتریک با افزایش قدرت افزایش قدرت اکستنسورها، ابداکتورها و اکسترنال روتیتورهای هیپ می‌تواند باعث کاهش حرکات اندام‌تحتانی در صفحات‌فرونتال و هوریزنتال شود. از این رو با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان گفت هشت هفته تمرینات پلایومتریک در زنان ورزشکار با والگوس دینامیک زانو می‌تواند عوامل خطر قابل تعدیل آسیب ACL نظیر قدرت را افزایش دهد. پیشنهاد می‌شود محققان و مربیان برای طراحی مداخلات تمرینی به منظور پیشگیری از آسیب غیربرخوردی ACL، تفاوت‌های مشاهده شده در سازوکارهای آسیب را درنظر بگیرند و برنامه‌های خاصی را ارائه دهند که نقص عصبی عضلانی ویژه‌ای را قرار دهند.

References

1. Numata H, Nakase J, Kitaoka K, Shima Y, Oshima T, Takata Y, et al. Two-dimensional motion analysis of dynamic knee valgus identifies female high school athletes at risk of non-contact anterior cruciate ligament injury. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2018; 26(2):442-7.
2. Swart E, Redler L, Fabricant PD, Mandelbaum BR, Ahmad CS, Wang YC. Prevention and screening programs for anterior cruciate ligament injuries in young athletes: a cost-effectiveness analysis. The Journal of bone and joint surgery American volume. 2014; 96(9):705.
3. Powers CM. The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: a biomechanical perspective. Journal of orthopaedic & sports physical therapy. 2010; 40(2):42-51.
4. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt Jr 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: a prospective study. The American journal of sports medicine. 2005; 33(4):492-501.

5. Sigward SM, Ota S, Powers CM. Predictors of frontal plane knee excursion during a drop land in young female soccer players. Journal of orthopaedic & sports physical therapy. 2008; 38(11):661-7.
6. Simoneau, G. Kinesiology of walking. In: Neumann DA, eds. Kinesiology of the Musculoskeletal System. 2002, St Louis, MO: Mosby Inc. p523– 569.
7. Lawrence RK, Kernozek TW, Miller EJ, Torry MR, Reuteman P. Influences of hip external rotation strength on knee mechanics during single-leg drop landings in females. Clinical Biomechanics. 2008;23(6):806-13
8. Nagai T, Sell TC, House AJ, Abt JP, Lephart SM. Knee Proprioception and Strength and Landing Kinematics During a Single-Leg Stop-Jump Task. Journal of Athletic Training. 2013;48(1):31-8.
9. Saki, F., R. Rajabi and F. Tabatabaei. Relationship between hip and knee strength and knee valgus angle during drop jump in elite female athletes. Physical Treatments-Specific Physical Therapy Journal. 2014; 4(1): 39-46.
10. Geiser, C., K.M. O'connor, and J.E. Earl. Effects of isolated hip abductor fatigue on frontal plane knee mechanics. Medicine & Science in Sports & Exercise.2010; 42 (3): 535-545.
11. Kagaya, Y., Y. Fujii, and H. Nishizono. Association between hip abductor function, rear-foot dynamic alignment, and dynamic knee valgus during single-leg squats and drop landings. Journal of Sport and Health Science.2015; 4(2):182-187.
12. Bell, D.R., D.A. Padua, and M.A. Clark. Muscle strength and flexibility characteristics of people displaying excessive medial knee displacement. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2008; 89 (7):1323-1328.
13. Chimera NJ, Swanik KA, Swanik CB, Straub SJ. Effects of plyometric training on muscle-activation strategies and performance in female athletes. Journal of athletic training. 2004; 39(1):24-31
14. Routhan T, Rana A, editors. Effect of 8 Weeks Plyometric Training on Selected Motor Abilities of Female Taekwondo Players. UGC Sponsored 2nd National Conference On Latest Trends in Health and Physical Education 14th-15th Feb, 2017.
15. Whitehead MT, Scheett TP, McGuigan MR, Martin AV. A Comparison of the Effects of Short-Term Plyometric and Resistance Training on Lower-Body Muscular Performance. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2018; 32(10):2743-9.
16. Herrington, L. The effects of 4 weeks of jump training on landing knee valgus and crossover hop performance in female basketball players." The Journal of Strength & Conditioning Research. 2010; 24(12): 3427-3432.
17. Hollman JH, Ginos BE, Kozuchowski J, Vaughn AS, Krause DA, Youdas JW. Relationships between knee valgus, hip-muscle strength, and hip-muscle recruitment during a single-limb step-down. Journal of sport rehabilitation. 2009; 18(1):104-17.
18. De Marche Baldon, R., D. F. M. Lobato, A. P. Yoshimatsu, A. F. dos Santos, A. L. Francisco, P. R. P. Santiago and F. V. Serrão. Effect of plyometric training on lower limb biomechanics in females." Clinical Journal of Sport Medicine. 2014; 24(1): 44-50.
19. Claiborne, T.L., et al. Relationship between hip and knee strength and knee valgus during a single leg squat. Journal of applied biomechanics. 2006; 2 (1): 41-50.
20. Goto, S. The effects of an integrated exercise program on lower extremity biomechanics in females with medial knee displacement. The University of North Carolina at Chapel Hill.2015.

21. Myer GD, Ford KR, Brent JL, Hewett TE. The effect of plyometric vs. dynamic stabilization and balance training on power, balance, and landing force in female athletes. J Strength Cond Res. 2006; 20(2): 345-53.
22. Bonacci J, Green D, Saunders PU, Franettovich M, Blanch P, Vicenzino B. Plyometric training as an intervention to correct altered neuromotor control during running after cycling in triathletes: a preliminary randomized controlled trial. Physical Ther Sport. 2011; 12(1): 15-21.
23. Abass AO. Correlational effects of plyometric training on leg muscle strength, endurance and power characteristics of Nigerian university undergraduates. Int J African Am Studies. 2005; 4(1): 42-52.
24. De Villarreal ES, Requena B, Newton RU. Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. Journal of Science and Medicine in Sport. 2010; 30:13(5):513-22.
25. Aagaard P. The use of eccentric strength training to enhance maximal muscle strength, explosive force (RDF) and muscular power-consequences for athletic performance. The Open Sports Sciences Journal. 2010; 3(5):52-55.
26. Luebbers PE, Potteiger JA, Hulver MW, Thyfault JP, Carper MJ, Lockwood RH. Effects of plyometric training and recovery on vertical jump performance and anaerobic power. The Journal of strength & conditioning research. 2003; 17(4):704-9.
27. Vissing K, Brink M, Lønbro S, Sørensen H, Overgaard K, Danborg K, Mortensen J, Elstrøm O, Rosenhøj N, Ringgaard S, Andersen JL. Muscle adaptations to plyometric vs. resistance training in untrained young men. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2008; 22(6):1799-810.
28. Cronin J, McNair PJ, Marshall RN. Velocity specificity. Combination training and sport specific tasks. Journal of Science and Medicine in Sport.2001; 4(2):168-78.
29. Prentice, W.E. Rehabilitation techniques in sports medicine. 1999; WCB/McGraw-Hill Dubuque, IA, USA. 442-450.
30. Kubo, K., T. Ishigaki, and T. Ikebukuro (2017).Effects of plyometric and isometric training on muscle and tendon stiffness in vivo. Physiological reports. 2017;5(15): 1-13

Effect of Eight Weeks Plyometric Training on Hip Strength in Female Athletes with Dynamic Knee Valgus

Farzane Saki*, Maryam Madhoushi
Department of Sport Injuries and Corrective Exercise, Sport Science Faculty, Bu -Ali Sina University, Hamedan, Iran.
* Corresponding author: f_saki@basu.ac.ir

Abstract
Background and aim: Dynamic knee valgus (DKV) is an abnormal movement pattern that is characterized by excessive medial movement of knees during weight bearing activities. Reducing the strength of hip muscles is associated with an increase in knee valgus. The aim of this study was to investigate the effect of plyometric exercises on strength of hip muscles in female with dynamic knee valgus.
Methods: In this randomize controlled trial, 26 female with dynamic knee valgus were randomly assigned into experimental and control group. Hip extensor, abductor and external rotator strength have been measured using digital dynamometer. During 8 weeks, the experimental group participated in plyometric exercises, but the control group participated only in their routine training sessions. Data were analyzed by Mixed Repeated Measures ANOVA ($p \leq .05$).
Results: The results of study showed hip extensor ($F=18.367$, $P=0.003$), abductor ($F=23.271$, $P=0.000$) and external rotator ($F=14.631$, $P= 0.001$) was improved in experimental group compared to the control.
Conclusion: The results of this study provide evidence of the positive effect of plyometric exercises on the hip strength in female athletes with dynamic knee valgus. Therefore, according to the results of this study, we can say that eight weeks of plyometric exercises in female athlete with knee dynamic valgus can decrease the modifiable risk factor of ACL injury.

Keywords: Dynamic knee valgus, Plyometric Training, Hip strength, Knee injury.