Journal of Safety Promotion and Injury Prevention,
Vol.8, No.3, Autumn 2020

Original Article

The Effects of Isolated Hip Abductor and External Rotator Muscles Strengthening on Concentric and Eccentric Strength and Jump-Landing Mechanics using Landing Error Scoring System

Mahdi Safari Bak[1], Khalil Khayam Bashi [2*], Hamed Esmaeili [3], Shahram Lenjannejadian [3]

1- PHD Student of Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran.
2- Department of Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran.
3- Department of Sport Biomechanics, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran.
***Corresponding author:** dr.khayam@yahoo.com

Abstract

Background and Objectives: Landing has been shown to be one of the most important mechanisms of non-contact ACL injures. The relationship between hip abductor and external rotator muscle strength and landing mechanics has been well documented in the literature. But, a few studies have been investigated the effect of hip strengthening on landing mechanics. So, the purpose of the study was to investigate the effect of isolated hip abductor and external rotator muscles strengthening on concentric and eccentric strength and jump-landing mechanics using landing error scoring system.

Materials and Methods: Thirty-two males with knee valgus angle more than 8 degrees were randomized into a training (n=16) or control group (n=16). The training group carried out 8 weeks of bilateral hip abductor and external rotator strengthening 3 times per week. Pre and post-test hip strength were measured with an isokinetic dynamometer (Kin-Com) and landing mechanics were assessed by Landing Error Scoring System. Data were analyzed via SPSS software applying paired sample t-test and ANCOVA at a significant level $P< 0.05$.

Results: Between-group analysis revealed that there were significant group effects for hip strength and landing error score. Subjects in the training group demonstrated significantly greater concentric and eccentric hip abductor ($P<0.001$, $P=0.004$) and external rotator peak torques ($P=0.01$, $P<0.001$), also they showed a significant decrease in landing error score ($P=0.004$) respectively, whereas no within-group change was noted in the control group.

Conclusion: An eight-week hip abductor and external rotator strengthening program was effective in improvement concentric and eccentric hip abductor and external rotator strength and landing mechanics. This kind of exercise might decrease less score by improved pelvis position and reduced knee valgus and trunk compensatory movement.

Keywords: landing technique, hip strength, landing error, anterior cruciate ligament, injury prevention

How to cite this article: Safari Bak M, Khayam Bashi KH, Esmaeili H, Lenjannejadian SH. The Effects of Isolated Hip Abductor and External Rotator Muscles Strengthening on Concentric and Eccentric Strength and Jump-Landing Mechanics using Landing Error Scoring System. J Saf Promot Inj Prev. 2020; 8(3):139-48.

مقاله پژوهشی

مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت ها
دوره۸. شماره ۳. پائیز ۱۳۹۹، صفحات ۱۳۹ تا ۱۴۸

تاثیر تقویت ایزوله عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران بر قدرت کانسنتریک و اکسنتریک و مکانیک پرش- فرود با استفاده از سیستم امتیازدهی خطای فرود

مهدی صفری بک[۱]، خلیل خیام باشی [۲*]، حامد اسماعیلی[۳]، شهرام لنجان نژادیان[۳]

۱- دانشجوی دکتری آسیب شناسی ورزشی و حرکت اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۲- گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۳- گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

چکیده

سابقه و هدف: فرود یکی از مهم‌ترین مکانیسم‌های آسیب غیربرخوردی رباط متقاطع قدامی است. بین ضعف عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران و مکانیک فرود ارتباط معنی‌داری وجود دارد؛ اما تاکنون تحقیقات محدودی در خصوص تأثیر تقویت این عضلات بر الگوی فرود انجام شده است. لذا هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر تقویت ایزوله عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران بر قدرت درونگرا و برونگرا و مکانیک پرش- فرود با استفاده از سیستم امتیازدهی خطای فرود بود.

روش بررسی: سی دو مرد دارای ولگوس زانو بیش از ۸ درجه به‌صورت تصادفی در دو گروه تجربی (۱۶ نفر) و کنترل (۱۶ نفر) قرار گرفتند. سپس گروه تجربی سه جلسه در هفته و به مدت هشت هفته تمرینات تقویتی عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران را به‌صورت دوطرفه انجام دادند. در مرحله پیش و پس‌آزمون، قدرت عضلات مفصل ران با استفاده از دینامومتر ایزوکنتیک (کین کام) و مکانیک فرود با استفاده از پرسشنامه امتیازدهی خطای فرود ارزیابی شد. داده‌ها با استفاده از آزمون تی همبسته و تحلیل کوواریانس در سطح معناداری ($P<۰/۰۵$) توسط نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

یافته‌ها: درخصوص قدرت عضلات مفصل ران و آزمون امتیازدهی خطای فرود، نتایج تحلیل بین گروهی تفاوت معنی‌داری را نشان داد. آزمودنی‌های گروه تجربی پس از ۸ هفته افزایش معنی‌داری به ترتیب در گشتاور درونگرا و برونگرا دور شدن ($P<۰/۰۰۱$)، ($P=۰/۰۰۴$) و چرخش خارجی ران ($P=۰/۰۰۷$)، ($P=۰/۰۰۱$) و نیز کاهش معنی‌داری را در امتیاز خطای فرود ($P=۰/۰۰۴$) نشان دادند. در گروه کنترل هیچ‌کدام از متغیرها تغییر معنی‌داری نداشت ($P>۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: هشت هفته تمرینات تقویتی ایزوله عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران در بهبود قدرت درونگرا و برونگرا این عضلات و مکانیک فرود مؤثر بوده است. این تمرینات احتمالاً با بهبود راستای لگن و کاهش حرکات جبرانی تنه و ولگوس زانو موجب کاهش نمرات خطای فرود شده است.

کلمات کلیدی: تکنیک فرود، قدرت عضلات مفصل ران، خطای فرود، رباط متقاطع قدامی، پیشگیری از آسیب

مقدمه

آسیب رباط متقاطع قدامی [۱]یکی از شایع‌ترین آسیب‌های مفصل زانو است (۱). این آسیب دارای اثرات منفی کوتاه‌مدت و بلندمدت می‌باشد. اثرات کوتاه مدت آن ضعف عضلانی و الگوهای حرکتی جبرانی است که منجر به بارگذاری غیرطبیعی روی مفصل زانو در فعالیت‌های روزانه نظیر راه رفتن و دویدن می‌شود (۲-۴). این ضعف عضلانی و الگوهای حرکتی جبرانی باعث می‌شود تا ورزشکار نتواند به سطح قبلی عملکرد خود بازگشته و احتمال بروز آسیب‌های بعدی در همان طرف یا سمت مقابل افزایش یابد (۵, ۶). اثرات بلندمدت آن نیز به‌صورت بروز آرتروز (۵۰ درصد افراد) و درد و محدودیت عملکرد مفصل زانو (۷۰ درصد افراد) در بازه زمانی بین ۱۰ تا ۲۰ سال پس از عمل بازسازی رباط متقاطع قدامی گزارش شده است (۶).

مطالب ذکرشده همگی بیانگر این واقعیت است که جایگاه و نقش پیشگیری از این آسیب و نیز سایر آسیب‌ها، بسیار مهم و غیرقابل جایگزین می‌باشد. مهم‌ترین اقدامات در ارتباط با پیشگیری از کلیه

۱. Anterior Cruciate Ligament (ACL)

*آدرس نویسنده مسئول مکاتبات: dr.khayam@yahoo.com

آسیب‌های ورزشی عبارت است از شناسایی عوامل و مکانیسم‌های خطرزا و سپس تلاش برای کاهش یا حذف آنان می‌باشد. اکثر آسیب‌های رباط متقاطع قدامی به‌صورت غیربرخوردی و طی فعالیت‌هایی نظیر کاهش شتاب، فرود پس از پرش و حرکات برشی رخ می‌دهد (۷). در این میان، فرود پس از پرش به‌عنوان رایج‌ترین مکانیسم آسیب رباط متقاطع قدامی گزارش‌شده است. بطوریکه تکنیک نامناسب در هنگام مانور پرش و فرود می‌تواند باعث اعمال نیروی قابل‌توجه روی رباط متقاطع قدامی و درنتیجه پارگی آن شود (۸).

در دهه اخیر، موضوع قدرت عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران در ادبیات تحقیقی بسیار مورد توجه قرار گرفته است و این‌گونه تلقی می‌شود که می‌تواند در پیشگیری از آسیب کمک کرده و عملکرد ورزشی را بهبود بخشد. به‌طور مثال خیام باشی و همکاران در مطالعه‌ای آینده‌نگر نشان دادند که بین قدرت عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران با آسیب غیربرخوردی رباط متقاطع قدامی رابطه‌ای مستقیم وجود دارد و با اندازه‌گیری آن در پیش فصل می‌توان بروز این آسیب را پیش‌بینی کرد (۹).

محققین معتقدند که ضعف این گروه‌های عضلانی می‌تواند منجر به افزایش زاویه ولگوس پویای زانو هنگام فرود پس از پرش گردد (۱۰, ۱۱). هیوت[۲] و همکاران نیز نشان دادند که ولگوس پویای زانو بیش از ۸ درجه نسبت به افراد سالم هنگام فرود، می‌تواند با حساسیت ۷۸ درصدی و اختصاصی بودن ۷۳ درصدی، پیشگوی مناسبی برای آسیب رباط متقاطع قدامی باشد (۱۲). ولگوس پویای زانو هنگام فرود ترکیبی از وضعیت‌های آدداکشن و چرخش داخلی ران می‌باشد، باتوجه به اینکه پا هنگام فرود روی زمین ثابت می‌شود، افزایش حرکت در صفحه عرضی و فرونتال در مفصل ران باعث حرکت زانو به سمت داخل می‌شود (۱۳).

عضلات اصلی مسئول کنترل ولگوس پویای زانو شامل عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران بوده که نقش بسیار مهمی در گام برداشتن و مکانیک فرود دارند. عدم برخورداری از قدرت کافی در این عضلات با حرکات افزایش‌یافته ران در صفحات فرونتال و عرضی مرتبط دانسته شده که این مسئله می‌تواند فرد را مستعد آسیب رباط متقاطع قدامی نماید (۱۴). از سویی دیگر محققان معتقدند در حرکت فرود تک‌پا، در صورت ضعف عضلات دورکننده ران لگن راستای طبیعی خود را ازدست‌داده و سمت خلاف پای تکیه‌گاه متمایل می‌شود (۱۵). یکی از استراتژی‌های جبرانی که بدن برای کنترل لگن و مفصل ران بکار می‌برد حرکت تنه می‌باشد. تنه تقریباً ۵۰ درصد توده بدن را تشکیل می‌دهد و حرکت آن می‌تواند تأثیر معنی‌داری بر کینماتیک لگن، مفصل ران و بالطبع زانو داشته باشد (۱۶). طی فرود تک‌پا، درصورت ضعف عضلات دورکننده ممکن است فرد به‌صورت جبرانی برای تراز نگه‌داشتن لگن تنه را به‌سمت پای تکیه‌گاه متمایل کند (۱۷). اگرچه این حرکت جبرانی به‌ظاهر منجر به تراز شدن لگن می‌شود، اما با جابه‌جایی نیروی عکس‌العمل زمین به سمت خارج زانو می‌تواند باعث تغییر گشتاور واروس به ولگوس و درنتیجه افزایش نیرو وارده بر رباط متقاطع قدامی گردد (۱۷).

برای بررسی تأثیر تقویت عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران و تأثیر آن بر بیومکانیک اندام تحتانی و تنه طی حرکات عملکردی نظیر فرود از پرش و تجزیه و تحلیل تکنیک‌های خطرزا برای آسیب اندام تحتانی و به‌ویژه رباط متقاطع قدامی ، نیاز به ابزارهای استاندارد می‌باشد که معمولاً برای این منظور از اندازه‌گیری‌ها و یا تجهیزات مختلف آزمایشگاهی استفاده می‌شود. بدون تردید، دستگاه‌های آنالیز حرکت آزمایشگاهی، دقیق‌ترین روش برای بررسی این‌گونه عوامل خطرزا هستند، اما بااین‌وجود به علت محدودیت‌های زمانی و مالی و زمان‌بر بودن تحلیل داده‌های به‌دست‌آمده از این دستگاه‌ها، استفاده از آن‌ها برای شناسایی افراد با الگوهای حرکتی خطرزا در گروه‌های بزرگ عملی نمی‌باشد.

آزمون سیستم امتیازدهی خطای فرود [۳]، یک ابزار میدانی ارزان‌قیمت بوده که خطاهای تکنیک پرش- فرود را در دامنه‌ای از آیتم‌های مشهود در حرکت انسان محاسبه می‌کند (۱۸). این امتیازدهی با بررسی تصاویر ویدیویی ضبط‌شده از دو نمای فرونتال و ساجیتال از پرش و فرود شخص صورت می‌گیرد. این سیستم دارای قابلیت اجرایی بالا و ارزیابی بالینی تکنیک‌های خطرزای فرود است که پایایی بین آزمونگر و درون آزمونگر آن به ترتیب خوب تا عالی گزارش شده است (۱۹).

تحقیقاتی که تاکنون درزمینه بهبود الگوی فرود صورت گرفته است، عموماً از پروتکل‌هایی استفاده کرده‌اند که شامل انواع مختلفی از تمرینات می‌باشد و همین امر مانع از درک مکانیسم دقیق اثربخشی این نوع پروتکل‌های تمرینی می‌باشد (۲۰-۲۲).

اگرچه ادبیات تحقیق گواه وجود ارتباط بین قدرت عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران با کینماتیک تنه، لگن و اندام تحتانی طی فعالیت‌های عملکردی نظیر فرود است (۲۳-۲۵)؛ اما متأسفانه تاکنون تحقیقی به بررسی این امر نپرداخته است که آیا تقویت این عضلات به‌تنهایی می‌تواند در بهبود الگوی فرود مؤثر باشد؟ یا می‌بایست به‌صورت ترکیب با سایر انواع تمرینات درنظر گرفته شود؛ بنابراین هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر تقویت ایزوله عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران بر قدرت درونگرا و برونگرا و مکانیک پرش- فرود با استفاده از سیستم امتیازدهی خطای فرود می‌باشد.

۲- Hewett

۳- Landing Error Scoring System (LESS)

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از نوع کارآزمایی بالینی کنترل‌شده[۴] با دو گروه کنترل و تجربی و با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود. جامعه آماری تحقیق را دانشجویان تربیت‌بدنی پسر دانشگاه غیرانتفاعی خاوران با دامنه سنی ۲۵-۲۰ سال تشکیل دادند. برای تعیین حجم نمونه ابتدا اندازه اثر توسط تحقیقات پیشین (۲۶, ۲۷) محاسبه و سپس خروجی را در نرم‌افزار G*Power (نسخه ۳,۰,۱۰) قرار دادیم و درنهایت حجم نمونه ۲۵ نفر به دست آمد. باتوجه به اینکه احتمال ریزش آزمودنی‌ها وجود داشت، تعداد ۳۲ نفر به‌صورت هدفمند و در دسترس انتخاب و پس از پر کردن فرم رضایت، به‌تساوی در دو گروه تجربی (۱۶ نفر، سن: ۱/۸۲±۲۲/۳۵ سال، قد: ۰/۰۷±۱/۷۸ متر، وزن: ۱۱/۶±۷۰/۹۲ کیلوگرم) و کنترل (۱۶ نفر، سن: ۱/۷۹±۲۲/۶۶ سال، قد: ۰/۰۵±۱/۸ متر، وزن: ۱۱/۶۱±۷۱/۰۱ کیلوگرم) قرار گرفتند. روند اجرای تحقیق شامل چهار مرحله: ارزیابی اولیه، پیش‌آزمون، برنامه تمرینی و پس‌آزمون بود.

در مرحله ارزیابی اولیه از بین جامعه آماری، نمونه‌ها بر اساس معیارهای ورود انتخاب شدند. یکی از معیارهای اصلی ورود به تحقیق داشتن ولگوس بیش از ۸ درجه هنگام فرود تک‌پا بود؛ زیرا تحقیقات نشان داده است انحراف بیش از ۸ درجه یکی از ریسک فاکتورهای بیومکانیکی اصلی آسیب رباط صلیبی قدامی است (۱۲). سایر معیارهای ورود به تحقیق شامل داشتن سابقه فعالیت در یکی از رشته‌های فوتبال، فوتسال، والیبال، هندبال و بسکتبال، نداشتن برنامه تمرینی منظم تقویت عضلات مفصل ران، نداشتن سابقه جراحی در اندام تحتانی، نداشتن آسیب در اندام تحتانی طی ۶ ماه قبل از انجام تحقیق، نداشتن هیچ‌گونه ناهنجاری قابل‌مشاهده در اندام تحتانی و نداشتن محدودیت در دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا بودند (۲۸). ناهنجاری‌های اسکلتی عضلانی توسط متخصص حرکات اصلاحی و محدودیت دورسی فلکشن با استفاده از آزمون اسکات بالای سر ارزیابی شد. درصورتی‌که فرد می‌توانست حرکت اسکات را به‌صورت کامل و بدون جداشدن پاشنه‌ها از زمین انجام دهد جهت بررسی سایر معیارهای ورود مورد ارزیابی قرار می‌گرفت (۲۹). برای اندازه‌گیری زاویه ولگوس جهت ارزیابی اولیه، از افراد خواسته شد تا با پای برتر از روی سکوی پرش ۳۰ سانتی‌متری روی نقطه علامت زده‌شده در فاصله ۴۰ درصدی قد خود فرود آمده و بلافاصله تا حداکثر ارتفاع ممکن به سمت بالا پرش نمایند (۳۰). دوربین فیلم‌برداری هم‌سطح با ارتفاع زانو روی سه‌پایه و در فاصله ۲ متری در مقابل فرد قرار گرفت. فریمی را که زانو دارای حداکثر انحراف بود به نرم‌افزار اتوکد AutoCAD (نسخه ۲۰۱۳، ساخت شرکت Autodesk، آمریکا) منتقل کرده و زاویه موردنظر محاسبه می‌شد (تفاضل بین راستای ران و ساق نسبت به خط افق). هر فرد ۳ مرتبه حرکت پرش- فرود تک‌پا را انجام می‌داد. درصورتی‌که فرد در ۲ تکرار از ۳ تکرار، زاویه ولگوس بیش از ۸ درجه را نشان می‌داد، جهت بررسی سایر معیارهای ورود انتخاب می‌شد (۲۸).

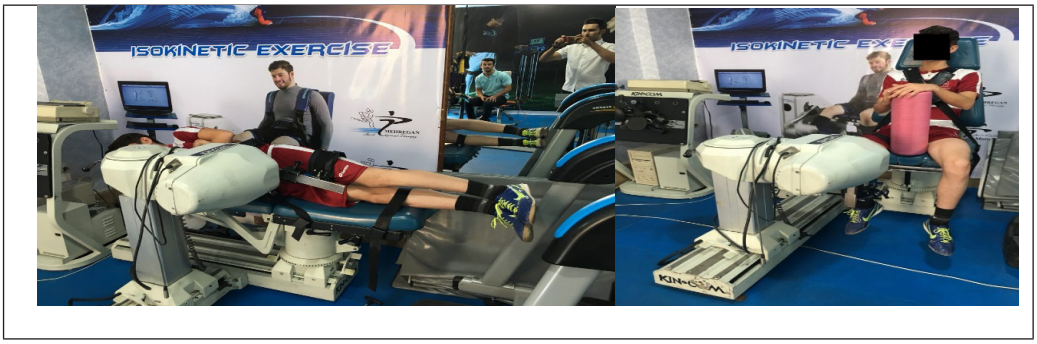
در مرحله پیش‌آزمون برای اندازه‌گیری اوج گشتاور درونگرا و برونگرا عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران پای برتر از دینامومتر ایزوکنتیک[۵] استفاده شد. پیش از شروع تست جزئیات کامل آن برای آزمودنی‌ها تشریح و به آن‌ها اجازه داده شد تا پس از گرم کردن، تست را با ۳ تکرار زیر بیشینه تمرین کنند. سپس پس از دو دقیقه استراحت تست اصلی با ۵ تکرار و با حداکثر قدرت انجام شد. بین تست‌ها به آزمودنی ۲ دقیقه اجازه استراحت داده می‌شد تا وضعیت دستگاه برای تست بعدی تنظیم شود. همه تست‌ها با سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه انجام شد (۳۱). برای ارزیابی قدرت اکسترنال روتاتورهای ران از آزمودنی خواسته می‌شود تا روی صندلی دینامومتر بشیند و مفصل ران و زانو او در زاویه ۹۰ درجه فلکشن قرار می‌گرفت. ران پای مورد تست و تنه فرد با استفاده از استرپ به دستگاه ثابت می‌شد. جهت جلوگیری از حرکت آدداکشن ران هنگام تست، یک فوم غلتان بین پاهای آزمودنی قرار می‌گرفت. محور چرخش دینامومتر هم‌راستا با خط مفصل زانو تنظیم می‌شد؛ و تست قدرت درونگرا و برونگرا در دامنه حرکتی ۵ درجه چرخش داخلی ران (طبیعی) تا ۲۰ درجه چرخش خارجی ران و درمجموع ۲۵ درجه چرخش داخلی و خارجی انجام شد (۳۲). برای ارزیابی قدرت عضلات دورکننده آزمودنی در وضعیت خوابیده به پهلو قرار می‌گرفت، به‌گونه‌ای که پای مورد آزمون در بالا قرار داشت. پای زیرین و تنه توسط استرپ ثابت می‌شد. محور چرخش دینامومتر در راستای داخلی خار خاصره قدامی فوقانی و هم‌سطح با برجستگی بزرگ ران پای مورد آزمون قرار می‌گرفت و اهرم مقاومتی در قسمت خارجی و تحتانی ران قرار داده می‌شد. سپس از آزمودنی خواسته می‌شود تا حداکثر قدرت خود را علیه بازوی مقاوم در جهت آبداکشن پا اعمال نماید. گشتاور درونگرا و برونگرا عضلات دورکننده در دامنه ۰ تا ۲۰ درجه آبداکشن اندازه‌گیری می‌شد (۳۲). درنهایت برای هر فرد اوج گشتاورهای درونگرا و برونگرا به‌دست‌آمده به وزن بدن او نرمال می‌شد.

برای ارزیابی مکانیک پرش- فرود آزمودنی‌ها از سیستم امتیازدهی خطای فرود استفاده شد. از افراد خواسته می‌شد تا از روی سکوی ۳۰ سانتی‌متری حرکت پرش را انجام داده و در جلوی سکو و در فاصله مشخص‌شده برابر با ۵۰٪ قد خود فرود آیند و سپس بلافاصله یک پرش عمودی حداکثری را انجام دهند. در هنگام اجرای تست هیچ‌گونه بازخورد یا آموزشی به آزمودنی‌ها داده نمی‌شد. قبل از

۴- Randomized Control Trial

۵KinCom ۵۰۰H Isokinetic Dynamometer

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.



تصویر ۱. اندازه‌گیری قدرت عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران

اجرای آزمون اصلی آزمودنی‌ها جهت آشنایی با تست، ۳ پرش تمرینی و سپس ۳ پرش به‌عنوان تست اصلی انجام می‌دادند. پرش صحیح زمانی صورت می‌گرفت که آزمودنی درست روی محل مشخص‌شده فرود آمده و بدون از دست دادن تعادل تا حداکثر ارتفاع ممکن رو به سمت بالا می‌پرید. دو دوربین فیلم‌برداری پایه‌دار[۶] جهت ضبط تصاویر پرش افراد از نمای فرونتال و ساجیتال در فاصله ۳,۴۵ متری محل فرود قرار داشتند (۱۸).

سیستم امتیازدهی خطای فرود به‌منظور ارزیابی مکانیک فرود بر اساس ۷ ویژگی پرش- فرود با استفاده از سیستم امتیازدهی ۰ و ۱ (بلی، خیر) انجام‌گرفت و دارای ۱۷ آیتم است. امتیاز نهایی برای هر فرود، از مجموع امتیازات تمامی آیتم‌ها محاسبه می‌شود، به‌طوری‌که امتیازات بیشتر (خطاهای بیشتر) نشانگر تکنیک‌های فرود خطرزا است (۱۸). در این تحقیق از دو آیتم ۱۶ و ۱۷ به علت عدم هم‌راستایی با سایر آیتم‌ها و به دلیل کلی بودن صرف‌نظر شد. در انتها میانگین امتیازات ۳ پرش به‌عنوان امتیاز نهایی برای هر آزمودنی ثبت گردید. تمام متغیرها مربوط به اندام تحتانی سمت برتر بود (۳۳).

برنامه تمرینی افراد گروه تجربی سه جلسه در هفته و به مدت هشت هفته تمرینات تقویتی ایزوله عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران را به‌صورت دوطرفه و بر اساس پروتکل تمرینی تعدیل‌شده خیام باشی و همکاران (جدول ۱) انجام دادند (۳۴). هر جلسه تمرین شامل ۳ مرحله گرم کردن (۵ دقیقه راه رفتن و نرم دویی)، تمرینات قدرتی (۳۵ دقیقه تمرینات قدرتی ایزوله عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران) (تصویر ۳) و سرد کردن (۵ دقیقه راه رفتن) بود. جهت ایجاد مقاومت از کش‌های ورزشی الاستیک تیوبی و لوپ ساخت کشور آمریکا با نام تجاری Thera-Band با ۴ رنگ آبی، بنفش، نقره‌ای و مشکی استفاده شد. کش با رنگ آبی دارای کمترین مقاومت و کش با رنگ مشکی دارای بیشترین مقاومت بود. هر آزمودنی برنامه تمرینی مختص خود را انجام می‌داد. قبل از شروع جلسه تمرین، به‌منظور تعیین تعداد تکرار، از آزمودنی خواسته می‌شد تا حداکثر تعداد تکراری را که می‌تواند با کش آبی انجام دهد را اعلام نماید، سپس ۸۰-۸۵٪ حداکثر تکرار بیشینه به عنوان تعداد تکرار برای هر ست در هفته اول تعیین می‌شد. جهت رعایت اصل اضافه‌بار هر هفته طول کش (۷۵ درصد طول اولیه) و هر دو هفته رنگ کش تغییر داده می‌شد. طول اولیه کش برای حرکت آبداکشن از خار خاصره قدامی فوقانی تا قوزک داخلی و برای حرکت اکسترنال روتیشن از تروکانتر بزرگ ران تا کندیل خارجی زانو تعیین می‌شد. در هفته سوم مجدد از آزمودنی می‌خواستیم تا حداکثر تعداد تکرار را با رنگ کش جدید اعلام و سپس ۸۰-۸۵٪ حداکثر تکرار بیشینه برای او تعیین می‌شد. حرکات با ریتم ۲-۰-۲ (۲ ثانیه انقباض درونگرا- ۰ ثانیه انقباض ایزومتریک- ۲ ثانیه انقباض برونگرا) در ۳ ست و با استراحت ۹۰ ثانیه بین هر ست انجام می‌شد. از افراد گروه کنترل خواسته شد تا تمرینات تقویتی عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران انجام ندهند و به فعالیت‌های معمول زندگی روزانه خود بپردازند.

در مرحله پس‌آزمون تمام آزمون‌های مرحله پیش‌آزمون مجدد اندازه‌گیری و به‌عنوان مقادیر پس‌آزمون ثبت گردید. تمام روند تحقیق زیر نظر کمیته اخلاق دانشگاه اصفهان با کد IR.UI.REC.۱۳۹۸.۰۲۳ و ثبت کارآزمایی بالینی به شماره IRCT۲۰۱۹۰۵۱۱۰۴۳۵۵۲N۱ انجام شد.

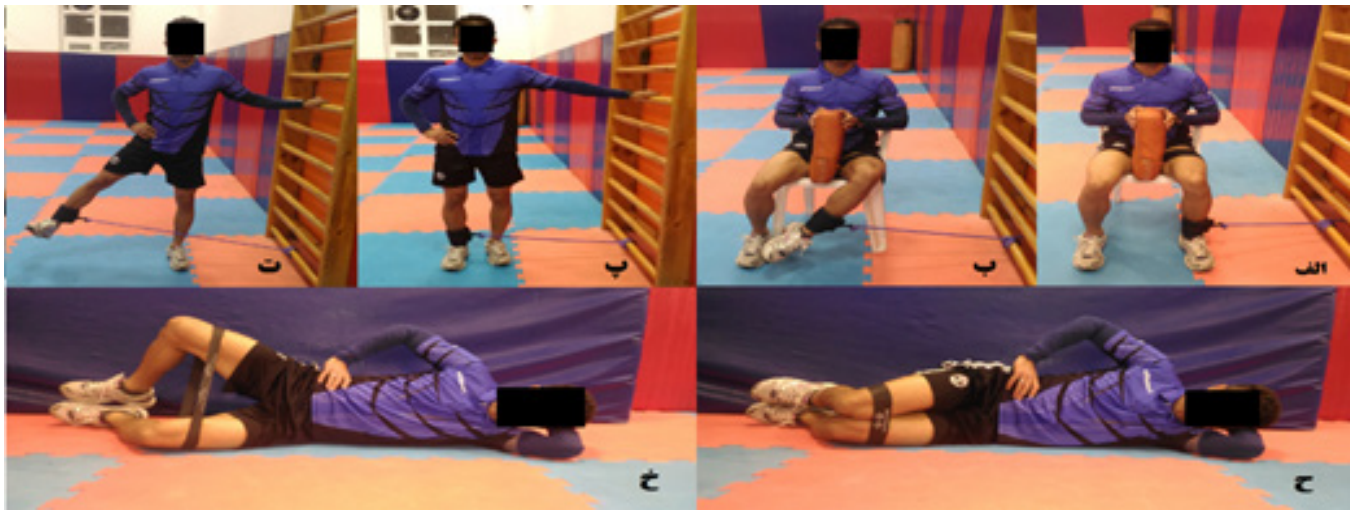
۶- HQ sport action camera

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

جدول ۱. برنامه اختصاصی هر فرد جهت تقویت ایزوله عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران

هفته	رنگ کش (شدت)	تعداد ست و زمان استراحت بین ست‌ها	طول کش	ریتم
۱	آبی (۸۵-۸۰٪ RM)	۳ ست * ۹۰ ثانیه	٪۱۰۰	۲-۰-۲
۲	آبی (۸۵-۸۰٪ RM)	۳ ست * ۹۰ ثانیه	٪۷۵	۲-۰-۲
۳	بنفش (۸۵-۸۰٪ RM)	۳ ست * ۹۰ ثانیه	٪۱۰۰	۲-۰-۲
۴	بنفش (۸۵-۸۰٪ RM)	۳ ست * ۹۰ ثانیه	٪۷۵	۲-۰-۲
۵	نقره‌ای (۸۵-۸۰٪ RM)	۳ ست * ۹۰ ثانیه	٪۱۰۰	۲-۰-۲
۶	نقره‌ای (۸۵-۸۰٪ RM)	۳ ست * ۹۰ ثانیه	٪۷۵	۲-۰-۲
۷	مشکی (۸۵-۸۰٪ RM)	۳ ست * ۹۰ ثانیه	٪۱۰۰	۲-۰-۲
۸	مشکی (۸۵-۸۰٪ RM)	۳ ست * ۹۰ ثانیه	٪۷۵	۲-۰-۲

RM: حداکثر تکرار بیشینه. مقاومت: کش آبی کمترین مقاومت و کش مشکی بیشترین مقاومت



تصویر ۳. تمرین تقویت عضلات چرخاننده خارجی ران (الف): وضعیت شروع، (ب): وضعیت پایان. تمرین تقویت عضلات دورکننده ران (پ): وضعیت شروع، (ت): وضعیت پایان. تمرین تقویت ترکیبی عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران (ح): وضعیت شروع، (خ): وضعیت پایان.

پس از جمع‌آوری داده‌ها برای اطمینان از نرمال بودن توزیع از آزمون شاپیرو - ویلک و برای همگنی واریانس‌ها از آزمون لون، برای تجزیه و تحلیل تغییرات درون‌گروهی از تی همبسته یا زوجی (مقایسه پیش‌آزمون و پس‌آزمون) و برای مقایسه بین گروهی از تحلیل کوواریانس (مقایسه گروه‌های تجربی و کنترل) استفاده و سطح معناداری آزمون‌ها ($P<۰/۰۵$) در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

در جریان تحقیق ۲ آزمودنی به دلیل مشکلات شخصی (۱ نفر گروه کنترل و ۱ نفر گروه تجربی) و ۱ آزمودنی در گروه تجربی به دلیل آسیب‌دیدگی ناشی از تصادف از جریان تحقیق خارج و اطلاعات مربوط به ۲۹ آزمودنی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در خصوص قدرت عضلات مفصل ران، یافته‌های درون‌گروهی نشان داد که آزمودنی‌های گروه تجربی بهبود معنی‌داری را در گشتاور درونگرا ($P<۰/۰۰۱$) و برونگرا ($P=۰/۰۰۴$) عضلات دورکننده و گشتاور درونگرا ($P=۰/۰۱$) و برونگرا ($P<۰/۰۰۱$) عضلات اکسترنال روتاتور نشان داده‌اند. نتایج تجزیه و تحلیل کوواریانس نیز نشان داد که با حذف اثر پیش‌آزمون، اثر اصلی تمرینات مقاومتی بر نمرات پس‌آزمون گشتاور درونگرا ($P<۰/۰۰۱$) و برونگرا ($P=۰/۰۰۲$) عضلات دورکننده و گشتاور درونگرا ($P=۰/۰۰۷$) و برونگرا ($P=۰/۰۰۱$) عضلات چرخاننده خارجی ران معنی‌دار است (جدول ۲).

در خصوص نتایج آزمون امتیازدهی خطای فرود، یافته‌های

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

درون‌گروهی نشان داد که آزمودنی‌های گروه تجربی پس از هشت هفته تمرینات کاهش معنی‌داری در امتیازات این آزمون (۰/۰۰۴ =P) داشته است. نتایج تجزیه و تحلیل کوواریانس نیز نشان داد که با حذف اثر پیش‌آزمون، اثر اصلی تمرینات قدرتی بر نمرات پس‌آزمون امتیاز خطای فرود (۰/۰۰۲ =P) معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۲. نتایج گشتاور درونگرا و برونگرا عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران و امتیاز خطای فرود

متغیر	تغییرات درون‌گروهی				تغییرات بین گروهی		درصد پیشرفت	اندازه اثر
	گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	P Value		P Value		
گشتاور درونگرا دورشدن	کنترل	۱/۶۵±۰/۳۸	۱/۶۳±۰/۳۷	۰/۷۲۶	-۰/۰۱±۰/۱۲	>۰/^۰۰۱	-۰/۷۲	۰/۷۵
	تجربی	۱/۶±۰/۵۵	۲/۰۱±۰/۴۲	>۰/۰۰۱*	۰/۴±۰/۳۵		۲۵/۳۴	
گشتاور برونگرا دورشدن	کنترل	۱/۵۳±۰/۳	۱/۵۴±۰/۲۶	۰/۹۱۶	۰/۰۰۳±۰/۱۱	۰/^۰۰۲	۰/۲	۰/۶۰
	تجربی	۱/۴۱±۰/۵۱	۱/۷۷±۰/۴۳	۰/۰۰۴*	۰/۳۶±۰/۳۹		۲۵/۴۹	
گشتاور درونگرا چرخش خارجی	کنترل	۰/۹۱±۰/۱۳	۰/۹۲±۰/۱۲	۰/۷۶۰	۰/۰۰۷±۰/۰۹	۰/^۰۰۷	۰/۸۳	۰/۵۴
	تجربی	۰/۹۴±۰/۲۱	۱/۰۷±۰/۱۹	۰/۰۱۲*	۰/۱۳±۰/۱۷		۱۴/۴۳	
گشتاور برونگرا چرخش خارجی	کنترل	۰/۹۴±۰/۱۵	۰/۹۴±۰/۱۶	۰/۹۶۱	۰/۰۰۱±۰/۰۸	۰/^۰۰۱	۰/۱	۰/۶۴
	تجربی	۰/۹۲±۰/۱۸	۱/۱۱±۰/۲۱	۰/۰۰۱*	۰/۱۸±۰/۱۶		۲۰/۱۹	
امتیاز خطای فرود	کنترل	۸/۶±۱/۸	۸/۷۲±۱/۶۶	۰/۷۰۲	۰/۱۲±۱/۱۸	۰/^۰۰۲	۱/۳۹	۰/۵۴
	تجربی	۸/۹۲±۱/۸۱	۷/۵±۱/۰۹	۰/۰۰۴*	-۱/۴۲±۱/۵		-۱۶	

(*) اختلاف آماری معنی‌دار درون‌گروهی، (^) اختلاف آماری معنی‌دار بین گروهی.

بحث

هدف از انجام تحقیق حاضر بررسی تأثیر تقویت ایزوله عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران بر قدرت درونگرا و برونگرا و مکانیک پرش-فرود با استفاده از سیستم امتیازدهی خطای فرود بود. نتایج تحقیق نشان داد که در گروه تجربی پس از هشت هفته تمرینات ایزوله با کش مقاومتی، قدرت درونگرا و برونگرا عضلات دورکننده به ترتیب ۲۵/۳۴ و ۲۵/۴۹ درصد و قدرت درونگرا و برونگرا عضلات چرخاننده خارجی ران نیز ۱۴/۴۳ و ۲۰/۱۹ درصد افزایش داشته است. این یافته‌ها با نتایج دیگر محققان که از کش‌های الاستیک مقاومتی برای تقویت عضلات مفصل ران استفاده کرده‌اند همخوان می‌باشد. اسمیت[۷] و همکاران پس از چهار هفته تمرینات قدرتی با کش، ۲۸ درصد افزایش قدرت ایزومتریک در حرکت چرخش خارجی ران و ۲۴ درصد را برای دورشدن ران گزارش کردند (۳۵). خیام باشی و همکاران نیز پس از ۸ هفته تمرین با کش مقاومتی، ۳۹/۵ درصد افزایش در قدرت ایزومتریک چرخش خارجی ران و ۳۷ درصد را در دورشدن ران نشان دادند (۹). از سوی دیگر اشنایدر[۸] و همکاران که از دستگاه سیم‌کش[۹] برای تقویت عضلات مفصل ران استفاده کرده بودند نیز پس از ۶ هفته تمرین، ۲۳ درصد افزایش در قدرت ایزومتریک چرخش خارجی ران و ۱۳ درصد را برای دورشدن ران گزارش کردند (۳۶). ادبیات تحقیقی نشان داده است که افزایش قدرت در پی تمرینات مقاومتی عموماً درنتیجه تغییر در فعال‌سازی عصبی- عضلانی و تغییر در تارهای عضلانی می‌باشد. اعتقاد براین است که در برنامه‌های تمرینی که مدت‌زمان آن ۴ هفته و یا کمتر می‌باشد، قدرت به‌دست‌آمده اصولاً ناشی از تغییر در کنترل عصبی-عضلانی می‌باشد (۳۷). درحالی‌که افزایش قدرت به‌واسطه هایپرتروفی عموماً در برنامه‌های تمرینی با مدت‌زمان حداقل ۶ تا ۸ هفته رخ می‌دهد (۳۸)؛ بنابراین با توجه به اینکه در تحقیق حاضر تمرینات مقاومتی به مدت ۸ هفته و با شدت ۸۰-۸۵ درصد حداکثر تکرار اجراشده است، احتمالاً علت افزایش قدرت درونگرا و برونگرا عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران را بتوان به هایپرتروفی و تغییر در تارهای عضلانی نسبت داد.

فرض دیگر تحقیق براین بود که افزایش یافتن قدرت درونگرا و برونگرا عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران می‌تواند مکانیک فرود را اصلاح و امتیاز خطای فرود را کاهش دهد. در تائید فرضیه

۷- Smith
۸ Snyder
۹- The cable-column method

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

تحقیق، گروه تجربی پس از هشت هفته تمرینات کاهش معنی‌داری را در امتیاز خطای فرود نشان داد. با توجه به بررسی‌های محققین تاکنون تحقیقی به بررسی تقویت ایزوله عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران و تأثیر آن بر امتیاز خطای فرود نپرداخته است. تحقیقاتی که در این زمینه صورت پذیرفته است به بررسی تمرینات عصبی-عضلانی و تمرین در آب پرداخته‌اند که با نتایج تحقیق حاضر همسو می‌باشد. نتایج این تحقیقات نشان داده است که استفاده از تمرینات عصبی-عضلانی و تمرین در آب می‌تواند نمرات آزمون خطای فرود را کاهش دهد (۲۶, ۳۹). برخلاف نتایج تحقیق حاضر، بوتلر[۱۰] و همکاران و فلاح محمدی و همکاران در مطالعات ارتباط سنجی خود به این نتیجه رسیدند که بین قدرت عضلات دورکننده با چرخاننده خارجی ران با امتیاز خطای فرود ارتباط معنی‌داری وجود ندارد (۴۰, ۴۱). از دلایل عدم معنی‌داری این نتایج می‌توان به نوع اندازه‌گیری قدرت عضلات اشاره کرد. در تحقیقات ذکرشده قدرت عضلات به‌صورت ایزومتریک مورد ارزیابی قرارگرفته است. درصورتی‌که پرش و فرود یک فعالیت دینامیک است که مستلزم انقباضات عضلانی درونگرا و برونگرا جهت اجرا و کنترل حرکت می‌باشد. یکی دیگر از دلایل احتمالی عدم همخوانی را می‌توان به نوع آزمودنی‌ها نسبت داد. در این تحقیقات هیچ‌گونه معیار ورودی نظیر داشتن الگوی حرکتی غلط (ولگوس زانو) یا ضعف در عضلات ناحیه مفصل ران را برای انتخاب افراد مدنظر قرار ندادند؛ لذا ممکن است آزمودنی‌ها از قدرت کافی در عضلات مفصل ران و الگوی حرکتی صحیحی برخوردار باشند که این امر به‌نوبه خود می‌تواند یکی از عوامل اثرگذار جدی بر نتایج تحقیق باشد. در نقطه مقابل، در تحقیق ما داشتن ولگوس زانو بیش از ۸ درجه یکی از معیارهای اصلی ورود به تحقیق بود.

عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران در قسمت خلفی-جانبی لگن قرار دارند که وظیفه حفظ ثبات لگن و انجام حرکات در مفصل ران را برعهده دارند. مفصل ران در زنجیره حرکتی بسته، پروگزیمال‌ترین مفصل در اندام تحتانی است و محققین بر این باورند که ثبات کافی در این مفصل باعث بهبود کنترل در زانو شده (۴۲) و بی‌ثباتی در این مفصل می‌تواند راستای بیومکانیکی اندام تحتانی را تحت تأثیر قرار دهد. در همین راستا تحقیقات نشان داده است که در هنگام فرود تک‌پا درصورتی‌که عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی از قدرت کافی برخوردار نباشند، لگن راستای طبیعی خود را ازدست‌داده و به سمت مقابل متمایل می‌شود (علامت ترندلنبرگ[۱۱]) (۱۵). علاوه بر این ران پای تکیه‌گاه در وضعیت نزدیک شدن و چرخش داخلی قرار می‌گیرد که به این وضعیت اصطلاحاً " کولاپس زانو[۱۲] " یا ولگوس زانو می‌گویند (۱۷). یکی از استراتژی‌های جبرانی که بدن برای کنترل لگن و مفصل ران بکار می‌برد حرکت تنه می‌باشد. تنه تقریباً ۵۰ درصد توده بدن را تشکیل می‌دهد و حرکت آن می‌تواند تأثیر معنی‌داری بر وضعیت لگن، مفصل ران و بالطبع زانو داشته باشد (۱۶). طی فرود تک‌پا، درصورتی‌که ضعف عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران ممکن است فرد به‌صورت جبرانی برای تراز نگه‌داشتن لگن و کاهش کولاپس زانو، تنه را به‌سمت پای تکیه‌گاه متمایل کند (۱۷). اگرچه این حرکت جبرانی به‌ظاهر منجر به تراز شدن لگن می‌شود، اما می‌تواند اثرات بسیار مخربی رو مفصل زانو داشته باشد (۱۷). با توجه به اینکه بخش زیادی از آیتم‌های آزمون خطای فرود مربوط به وضعیت تنه، لگن و زانو می‌باشد، به نظر می‌رسد تقویت عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران با بهبود راستای لگن و کاهش حرکات جبرانی تنه و ولگوس زانو موجب کاهش نمرات خطای فرود در گروه تجربی در پس‌آزمون شده است. تحقیق حاضر دارای محدودیت‌هایی بود. یکی از این محدودیت‌ها بررسی روی آزمودنی‌های مرد بود. ادبیات پژوهشی اظهار داشته است که متغیرهای کینماتیکی هنگام فرود ازجمله فلکشن زانو و فلکشن ران و نیز قدرت عضلات ناحیه مفصل ران بین دو جنس متفاوت است (۱۰, ۱۱). لذا نمی‌توان نتایج تحقیق حاضر به آزمودنی‌های زن تعمیم داد. پیشنهاد می‌شود تحقیقات آتی نتایج این تحقیق را نیز در آزمودنی‌های زن مورد بررسی قرار دهند. یکی دیگر از این محدودیت‌ها ارزیابی در شرایط آزمایشگاه بود که ممکن است به لحاظ عدم وجود رقابت و حریف، تکنیک فرود افراد را تحت تأثیر قرار دهد، لذا توصیه می‌شود تا محققین در تحقیقات آتی این نتایج را در شرایط غیر آزمایشگاهی و نزدیک به واقعیت و مسابقه مورد ارزیابی قرار دهند.

بر اساس نتایج تحقیق حاضر می‌توان نتیجه گرفت که تقویت ایزوله عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران در بهبود قدرت درونگرا و برونگرا این عضلات و مکانیک فرود مؤثر بوده است. این تمرینات ممکن است با بهبود تکنیک فرود بتواند ریسک بروز آسیب‌های غیربرخوردی رباط متقاطع قدامی را کاهش دهد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش برگرفته از پایان‌نامه دکتری آقای مهدی صفری‌بک به راهنمایی دکتر خلیل خیام باشی و دکتر حامد اسماعیلی و مشاوره دکتر شهرام لنجان نژادیان می‌باشد. از تمام آزمودنی‌ها که در انجام این تحقیق ما را یاری نمودند، از جناب آقای عبدالله نژاد مسئول محترم آزمایشگاه دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد و جناب آقایان طالبی فرد و بهاری فر کمال تشکر و قدردانی را داریم.

۱۰- Beutler

۱۱ - Trendelenburg sign

۱۲- Knee Collapse

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

References

1. Moeller JL, Lamb MM. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: why are women more susceptible? The physician and sportsmedicine. 1997;25(4):31-54.

2. Chua EN, Yeung MY, Fu SC, Yung PSH, Zhang Y, Feng H, et al. Motion task selection for kinematic evaluation after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery. 2016;32(7):1453-65.

3. Kaur M, Ribeiro DC, Theis J-C, Webster KE, Sole G. Movement patterns of the knee during gait following ACL reconstruction: a systematic review and meta-analysis. Sports Medicine. 2016;46(12):1869-95.

4. Titchenal MR, Chu CR, Erhart-Hledik JC, Andriacchi TP. Early Changes in Knee Center of Rotation During Walking After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Correlate With Later Changes in Patient-Reported Outcomes. The American journal of sports medicine. 2017;45(4):915-21.

5. Flanigan DC, Everhart JS, Pedroza A, Smith T, Kaeding CC. Fear of reinjury (kinesiophobia) and persistent knee symptoms are common factors for lack of return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction. Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery. 2013;29(8):1322-9.

6. Lohmander L, Östenberg A, Englund M, Roos H. High prevalence of knee osteoarthritis, pain, and functional limitations in female soccer players twelve years after anterior cruciate ligament injury. Arthritis & Rheumatology. 2004;50(10):3145-52.

7. Etnoyer J, Cortes N, Ringleb SI, Van Lunen BL, Onate JA. Instruction and jump-landing kinematics in college-aged female athletes over time. Journal of athletic training. 2013;48(2):161-71.

8. Onate J, Cortes N, Welch C, Van Lunen B. Expert versus novice interrater reliability and criterion validity of the landing error scoring system. Journal of sport rehabilitation. 2010;19(1):41-56.

9. Khayambashi K, Ghoddosi N, Straub RK, Powers CM. Hip muscle strength predicts noncontact anterior cruciate ligament injury in male and female athletes: a prospective study. The American journal of sports medicine. 2016;44(2):355-61.

10. Jacobs C, Mattacola C. Sex differences in eccentric hip-abductor strength and knee-joint kinematics when landing from a jump. Journal of Sport Rehabilitation. 2005;14(4):346-55.

11. Jacobs CA, Uhl TL, Mattacola CG, Shapiro R, Rayens WS. Hip abductor function and lower extremity landing kinematics: sex differences. Journal of athletic training. 2007;42(1):7683-. [Pubmed]

12. 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. The American journal of sports medicine. 2005;33(4):492-501.

13. Powers CM. The influence of altered lower-extremity kinematics on patellofemoral joint dysfunction: a theoretical perspective. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 2003;33(11):639-46.

14. Nakagawa TH, Moriya ETU, Maciel CD, Serrao FV. Frontal plane biomechanics in males and females with and without patellofemoral pain. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2012;44(9):1747-55.

15. Trendelenburg F. Trendelenburg's test: 1895. 1998.

16. Plagenhoef S, Evans FG, Abdelnour T. Anatomical data for analyzing human motion. Research quarterly

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

for exercise and sport. 1983;54(2):169-78.

17. Noyes FR, Barber-Westin S. ACL injuries in the female athlete: causes, impacts, and conditioning programs: Springer; 2018.

18. Padua DA, Marshall SW, Boling MC, Thigpen CA, Garrett Jr WE, Beutler AI. The Landing Error Scoring System (LESS) is a valid and reliable clinical assessment tool of jump-landing biomechanics: the JUMP-ACL study. The American journal of sports medicine. 2009;37(10):1996-2002.

19. Oñate JA, Guskiewicz KM, Marshall SW, Giuliani C, Yu B, Garrett WE. Instruction of jump-landing technique using videotape feedback: altering lower extremity motion patterns. The American journal of sports medicine. 2005;33(6):831-42.

20. Willy RW, Davis IS. The effect of a hip-strengthening program on mechanics during running and during a single-leg squat. Journal of orthopaedic & sports physical therapy. 2011;41(9):625-32.

21. Baldon RdM, Lobato D, Carvalho LP, Wun P, Santiago P, Serrão FV. Effect of functional stabilization training on lower limb biomechanics in women. Med Sci Sports Exerc. 2012;44(1):135-45.

22. Tsai Y-J, Chia C-C, Lee P-Y, Lin L-C, Kuo Y-L. Landing Kinematics, Sports Performance, and Isokinetic Strength in Adolescent Male Volleyball Athletes: Influence of Core Training. Journal of Sport Rehabilitation. 2019;1(aop):1-8.

23. Lawrence III 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.

24. de Marche Baldon R, Lobato DFM, Carvalho LP, Santiago PRP, Benze BG, Serrão FV. Relationship between eccentric hip torque and lower-limb kinematics: gender differences. Journal of applied biomechanics. 2011;27(3):223-32.

25. Fulkerson JP. Diagnosis and treatment of patients with patellofemoral pain. The American journal of sports medicine. 2002;30(3):447-56.

26. Shahidi M, MinoNejad H, Rajabi R, Seyedi F. Effect of Eight Weeks of Selected Aquatic Exercises on Landing Error in Male Athletes Prone to Anterior Cruciate Ligament Damage. J Rehab Med. 2019;8(1):109-18.

27. Norouzi K, Mahdavinezhad R, Mohamadi Mr, Ariamanesh A. The effect of neuromuscular training on hip strength, core and jump-landing mechanics in athletes with anterior cruciate ligament reconstruction. Journal for Research in Sport Rehabilitation. 2019;7(13):77-89.

28. Jackson KM, Beach TA, Andrews DM. The Effect of an Isometric Hip Muscle Strength Training Protocol on Valgus Angle During a Drop Vertical Jump in Competitive Female Volleyball Players. International Journal of Kinesiology & Sports Science. 2017;5(4):1-9.

29. Clark M, Lucett S, editors. NASM essentials of corrective exercise training. Lippincott Williams & Wilkins; 2010 Sep 21.

30. Thompson JA, Tran AA, Gatewood CT, Shultz R, Silder A, Delp SL, et al. Biomechanical effects of an injury prevention program in preadolescent female soccer athletes. The American journal of sports medicine. 2017;45(2):294-301.

31. Perrin D. Isokinetic exercise and assessment. Human Kinetics Pub. Inc; 1993.

32. Boling MC, Padua DA, Alexander Creighton R. Concentric and eccentric torque of the hip musculature in individuals with and without patellofemoral pain. Journal of athletic training. 2009;44(1):7-13.

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

33. Olsen O-E, Myklebust G, Engebretsen L, Bahr R. Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. The American journal of sports medicine. 2004;32(4):1002-12.

34. Khayambashi K, Mohammadkhani Z, Ghaznavi K, Lyle MA, Powers CM. The effects of isolated hip abductor and external rotator muscle strengthening on pain, health status, and hip strength in females with patellofemoral pain: a randomized controlled trial. journal of orthopaedic & sports physical therapy. 2012;42(1):22-9.

35. Smith BI, Curtis D, Docherty CL. Effects of hip strengthening on neuromuscular control, hip strength, and self-reported functional deficits in individuals with chronic ankle instability. Journal of sport rehabilitation. 2018;27(4):364-70.

36. Snyder KR, Earl JE, O'Connor KM, Ebersole KT. Resistance training is accompanied by increases in hip strength and changes in lower extremity biomechanics during running. Clinical Biomechanics. 2009;24(1):26-34.

37. Moritani T, deVries HA. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. American journal of physical medicine. 1979;58(3):115-30.

38. Lieber RL. Skeletal muscle structure, function, and plasticity: Lippincott Williams & Wilkins; 2002.

39. Noyes FR, Barber-Westin SD, Fleckenstein C, Walsh C, West J. The drop-jump screening test: difference in lower limb control by gender and effect of neuromuscular training in female athletes. The American journal of sports medicine. 2005;33(2):197-207.

40. Beutler AI, Sarah J, Marshall SW, Padua DA, Boden BP. Muscle strength and qualitative jump-landing differences in male and female military cadets: The jump-ACL study. Journal of sports science & medicine. 2009;8(4):663.

41. fallahmohammadi M, Shojaadin S, Letafatkar A, Takomjani EE, Eslami M. Relationship between core stability and strength of some lower extremity muscles, and jump-landing biomechanics using Landing Error Scoring System. journal of Applied Exercise Physiology. 2018;13(26):125-38.

42. 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.

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.