

مقایسه تأثیر تمرینات جامع پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی همراه با بازخورد بر عملکرد زانو

محدثه صالحی سربیزن^{۱*}، امیر لطافت کار^۲، مهدی خالقی^۳

۱. کارشناس ارشد آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دانشگاه خوارزمی
۲. استادیار آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی
۳. استادیار بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۹/۱۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۱/۱۹

چکیده

رایج‌ترین عارضه جانبی متاثر از فعالیت بدنی، خطر آسیب عضلانی اسکلتی است که آسیب لیگامان صلیبی قدامی، از شایع‌ترین آن‌ها است. هدف این تحقیق مقایسه تأثیر شش هفته تمرینات جامع پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی همراه با بازخورد درونی و بیرونی بر حس عمقی و عملکرد مفصل زانو زنان فعال دانشگاهی بود. ۴۵ زن فعال دانشگاهی ۱۸-۲۵ سال، داوطلبانه و تصادفی در سه گروه (بازخورد درونی، بیرونی و کنترل) به مدت ۶ هفته، سه جلسه در هفته پروتکل تمرینی را اجرا نمودند. برای اندازه‌گیری حس عمقی و عملکرد زانو از گونیامتر و آزمون‌های عملکردی در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون استفاده شد. آزمون‌های آماری کواریانس، تی‌زوجی و آزمون تعقیبی توکی برای تجزیه و تحلیل آماری با سطح معناداری $p \leq 0.05$ استفاده شد. نتایج کلی تحقیق نشان داد پروتکل تمرینی حاضر همراه با بازخورد درونی و بیرونی، تأثیر معنی‌داری بر حس عمقی ($p \leq 0.001$) و عملکرد ($p = 0.000$) زانو داشته و تفاوت معناداری میان دو گروه تمرینی مشاهده نشد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر، پیشنهاد می‌شود، این پروتکل تمرینی همچون ابزار و روشی مکمل در کنار روش‌های دیگر تمرینی برای افراد مستعد آسیب لیگامان صلیبی قدامی مورد استفاده مربیان و متخصصین علوم ورزشی قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: حس عمقی، بازخورد، پیشگیری از آسیب، لیگامان صلیبی قدامی.

Comparison the effect of comprehensive exercises of anterior cruciate ligament Injury prevention along with feedback on knee function

Salehi Sarbizhan, M¹., Letafatkar, A²., Khaleghi, M³.

1. Master of Science, Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Iran
2. Assistant Professor, Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Iran
3. Assistant Professor, Sport Biomechanic, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Iran

Abstract

The most common side effect of physical activity is the risk of musculoskeletal damage, that anterior cruciate ligament injury is the most common one. Purpose of the study is comparing the effect of six weeks of comprehensive injury prevention training on anterior cruciate ligament with internal and external feedback on the proprioception and knee function of active female university students. Forty five active female university students aged 18-25 years were volunteered and randomly assigned to three groups (internal, external and control) and they performed the protocol three times a week for six weeks. Proprioception and function of the knee joint were measured using goniometer and functional tests in two stages namely pre-test and post-test. Statistical analysis of covariance, paired t test and Tukey's post hoc tests were used for statistical analysis with a significant level of $p \leq 0.05$. Overall results of the study showed that the present exercise protocol with internal and external feedback had a significant effect on the proprioception of $p \leq 0.001$ and $p = 0.000$ for the knee performance and there was no significant difference between the two training groups. Regarding the results of the study, it is suggested that the present training protocol be addressed by coaches and sport sciences specialists as a complementary tool and method, along with other training methods, for those who are prone to damage to the anterior cruciate ligament.

Keywords: Proprioception, Feedback, Prevention of Injury, Anterior Cruciate Ligament.

*. mohadse_salehi@yahoo.com

مقدمه

فواید ورزش منظم و فعالیت بدنی در کاهش مرگ و میر و بیماری‌های متعدد به خوبی شناخته شده است (۱). اگرچه میزان خطر آب مرتبط با فعالیت بدنی در مقایسه با بیماری‌های قلبی، هورمونی، اختلالات خونی، کم‌آبی و مرگ ناگهانی نادر است؛ اما رایج‌ترین عارضه جانبی متاثر از فعالیت بدنی، خطر آسیب عضلانی اسکلتی می‌باشد که آسیب مفصل زانو، یکی از شایع‌ترین آنها است (۱). برحسب تخمین مفصل زانو با ۲/۵ میلیون آسیب متاثر از ورزش در سال، شایع‌ترین محل صدمه‌دیده در ورزشکاران است که در این میان لیگامان صلیبی قدامی، آسیب‌پذیرترین لیگامان زانو می‌باشد (۲). در میان عناصر مختلف سازنده مفصل زانو، لیگامان صلیبی قدامی به دلیل نحوه قرارگیری در مفصل، پیچیدگی‌های ساختمانی خاص، داشتن گیرنده‌های عصبی متعدد و متنوع و همچنین آسیب‌پذیری بالا اهمیت خاصی داشته است؛ بنابراین، صدمات مربوط به لیگامان صلیبی قدامی جدی بوده و از دلایل افزایش نگرانی است (۳). به دلیل زاویه Q بزرگ‌تر، لگن پهن‌تر، شیار بین کندیلی^۱ باریک‌تر، شرایط هورمونی، الگوهای مختلف فعالیت عضلانی در هنگام حرکات جهشی، چرخشی و فرود و شلی مفصل زانو در زنان، احتمال درگیری لیگامان صلیبی قدامی در شیار بین‌کندیلی بیش‌تر است (۴، ۵). آسیب لیگامان صلیبی قدامی، خطر وقوع صدمات متعاقب این آسیب را افزایش می‌دهد و ممکن است منجر به درد، بی‌ثباتی، اختلال در فعالیت‌های ورزشی و تفریحی و ابتلاء به آرتروز شود (۶، ۷). هزینه‌های درمان آسیب لیگامان صلیبی قدامی متجاوز از دو میلیارد دلار در سال تخمین زده شده است (۷). شیوع بالای آسیب در بازیکنان جوان در رشته‌های ورزشی با حرکات چرخشی، پرش و فرود بیان شده است. در این ورزش‌ها احتمال وقوع آسیب در زنان، سه تا پنج برابر بیش‌تر از مردان است (۸). بر اساس مطالعه قبلی پارگی باند میانی لیگامان صلیبی قدامی در زاویه اندک فلکشن زانو گزارش شده است (۹). با توجه به نقش حس عمقی و عملکرد در کنترل حرکت، ثبات مفصل و پیشگیری از آسیب‌های عضلانی اسکلتی، وجود اختلال در عوامل ذکر شده عاملی در بروز صدمات مختلف و تبدیل احتمالی این عارضه به سندرم تحرک بیش از حد^۲ است (۱۰)، لذا در نظر گرفتن عوامل بیومکانیکی و عملکرد عصبی عضلانی، عوامل مهمی برای کاهش خطر وقوع آسیب لیگامان صلیبی قدامی می‌باشند. برنامه‌های متعددی با هدف پیشگیری از وقوع آسیب لیگامان صلیبی قدامی در زنان ورزشکار در جهت اصلاح مشخصه‌های عصبی عضلانی و بیومکانیکی توسعه یافته است. معمولاً این برنامه‌ها ترکیبی از تمرینات تعادلی، پلايومتریک، چابکی، قدرتی و انعطاف‌پذیری هستند که در کاهش وقوع آسیب لیگامان صلیبی قدامی موفق بوده‌اند (۱۱-۱۳). هدف این تمرینات افزایش نیروهای ثبات‌دهنده عصبی عضلانی لازم برای حفظ مقاومت در برابر نیروهای بی‌ثبات اعمال‌شده به زانو قبل از آسیب لیگامان صلیبی قدامی است (۱۱-۱۳). در سال‌های اخیر، برنامه‌های پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی از دستورالعمل کلامی در جهت علم حرکت بدن استفاده می‌نمایند (۱۴). مهارت‌های حرکتی با هدایت توجه فرد بر حرکت انجام‌شده آموزش داده می‌شوند (برای مثال، زانو را بالای

1. Intercondylar Groove

2. Joint Hypermobility Syndrome

پا حفظ کن و غیره) که ذیل توجه درونی تعریف شده‌اند در حالی که، در توجه بیرونی، توجه در جهت نتیجه حرکت هدایت می‌شود (برای مثال، زانوی خود را به سمت یک نقطه خیالی در جلو هدایت‌نما و غیره) (۱۴). در مطالعه مروری اخیر نشان داده شده است که بازخورد بیرونی موجب بهبود عملکرد حرکتی، تکنیک و هماهنگی عصبی عضلانی می‌شود (۱۵)؛ برای مثال، فاصله پرش بیش‌تر، افزایش زاویه فلکشن زانو، جابجایی بیش‌تر مرکز جرم و کاهش نیروی عکس‌العمل عمودی زمین در فعالیت‌های پرش و فرود متعاقب استفاده از بازخورد گزارش شده است. همه این نتایج فواید کاهش خطر آسیب لیگامان صلیبی قدامی را گزارش می‌کنند (۱۶-۱۸). لهن هارد و همکاران (۱۹۹۶) گزارش دادند که با تمرین قدرتی منظم می‌توان از بروز آسیب پیشگیری نمود. برخی از برنامه‌های تمرینی برای بهبود عملکرد عضلانی (الگوهای بکارگیری و زمان عکس‌العمل) و افزایش کنترل عصبی عضلانی طراحی و برخی دیگر برای بهبود تعادل و حس عمقی مفصل طراحی شده‌اند (۱۳)؛ از این‌رو، اتخاذ دانش حوزه یادگیری حرکتی در جهت پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی رضایت‌بخش به نظر می‌رسد (۱۴). پژوهش‌های اندکی دستورالعمل توجه تجویز شده در اجرا حرکات در هنگام فعالیت‌های حرکتی را دنبال کرده‌اند (۱۵)؛ علاوه بر این، نشان داده شده است که ارایه دستورالعمل‌ها در برنامه‌های پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی موثر هستند (۱۶، ۱۷، ۱۹). در پژوهشی ونس و همکاران (۲۰۰۴) با استفاده از حرکات خم کردن آرنج^۱ این موضوع را بررسی نمودند و هر دو نوع توجه بیرونی و درونی را ارایه کردند. نتایج نشان داد که فعالیت عضلانی به‌طور قابل توجهی در توجه بیرونی نسبت به توجه درونی کاهش یافت (۲۰). در یک مطالعه مرچنت و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که توجه بیرونی در یک مجموعه تکرار از حرکات خم کردن آرنج منجر به فعالیت عضلانی کم‌تر در مقایسه با توجه درونی نشد اما، بر دستورالعمل بکارگیری توجه (شرایط کنترل) نظارت نشده بود (۲۱). در مطالعه دیگری مرچنت و همکاران (۲۰۰۹) تاثیر سودمند توجه بیرونی را بر حداکثر نیروی تولیدی بررسی نمودند. این محققان با استفاده از دستگاه دینامومتر ایزوکتیک به بررسی رابطه میان حداکثر انقباض ارادی متأثر از توجه درونی و بیرونی پرداختند. نتایج نشان داد که آزمودنی‌ها به‌طور قابل توجهی، به حداکثر گشتاور مفصل بیش‌تری و فعالیت عضلانی کم‌تری در توجه بیرونی دست یافتند (۲۲). شیوع زیاد آسیب لیگامان صلیبی قدامی و نتیجه‌گیری کم‌تر از حد مطلوب به دنبال روش‌های پیشگیری از آسیب و همچنین دوره درمانی طولانی مدت آسیب‌های زانو، نشان‌دهنده ضرورت به بکارگیری راهبردهای مطلوب پیشگیری از این آسیب است. برای دست‌یافتن به نتیجه ماندگارتر برنامه‌های پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی می‌توان دستورالعمل توجه بیرونی و توجه درونی را همراه با تمرینات عملکردی متداول پیشگیری از آسیب در این برنامه‌ها گنجانند؛ لذا در تحقیق حاضر، پیش‌فرض محقق بر آن است که احتمالاً به دلیل این‌که در بازخورد بیرونی فرد به شکل فیدفوراردی برتری بیش‌تری در اجرای خود نسبت به بازخورد درونی دارد، انتظار

می‌رود تمرینات عملکردی پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی همراه با بازخورد بیرونی تاثیرگذارتر از بازخورد درونی روی حس عمقی و عملکرد مفصل زانو زنان فعال دانشگاهی باشد.

روش‌شناسی

تحقیق حاضر از نوع نیمه آزمایشگاهی است که به روش پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام شده است. نمونه‌های آماری شامل ۴۵ دانشجوی فعال دانشگاه خوارزمی در دامنه سنی ۱۸ تا ۲۵ سال (با فعالیت ورزشی سه جلسه در هفته و هر جلسه ۱/۵ ساعت به طور منظم در یک سال اخیر) بود که داوطلبانه برای اجرای این پژوهش انتخاب شدند. تعداد آزمودنی‌ها با استفاده از میانگین و انحراف استاندارد در یک مطالعه قبلی با طرح مشابه محاسبه شد (۲۳). در این تحقیق تعداد آزمودنی‌ها برای هر گروه ۱۲ نفر بدست آمد که برای رفع مشکل ریزش احتمالی نمونه‌ها در مدت تحقیق و در دسترس بودن تعداد نمونه‌های کافی، ۱۵ نفر در هر گروه در نظر گرفته شد. پیش از اجرای تحقیق، رضایت‌نامه کتبی از آزمودنی‌ها گرفته و به آزمودنی‌ها اجازه خروج از تحقیق در هر زمان داده شد. آزمودنی‌ها به طور تصادفی به سه گروه تقسیم شدند: ۱- گروه تمرینات عملکردی همراه با بازخورد درونی ($n=15$)، ۲- گروه تمرینات عملکردی همراه با بازخورد بیرونی ($n=15$)، ۳- گروه کنترل ($n=15$). از معیارهای ورود به تحقیق داشتن BMI ۱۸ تا ۲۵، نداشتن درد، سابقه جراحی، شکستگی یا آسیب‌های ارتوپدیک قابل توجه در اندام تحتانی، شرکت نداشتن در تمرینات قدرتی، پلايومتریك، تعادلی و دیگر پروتکل‌های پیشگیرانه در یک سال گذشته بود (۲۴). در صورتی که آزمودنی دو جلسه متوالی و سه جلسه غیرمتوالی غیبت داشت، از روند تحقیق کنار گذاشته می‌شد. ابزارهای تحقیق شامل فرم رضایت‌نامه شرکت در تحقیق، فرم جمع‌آوری اطلاعات اولیه آزمودنی‌ها، فرم امتیازدهی آزمون‌های عملکردی (طراحی از سوی محقق)، گونیامتر، قدسنج فلزی، ترازوی دیجیتالی، متر نواری، صفحه نیرو، ورتک^۱، استپ، توپ، کرنومتر و مخروط بودند. ارزیابی حس عمقی به روش بازیابی فعال زاویه هدف ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه در پای غالب (پایی که فرد ترجیح می‌دهد برای ضربه به توپ به دورترین مسافت استفاده نماید)، فعالانه از سوی آزمودنی‌ها انجام شد (۲۵). در این روش آزمودنی لبه تخت قرار گرفت و با چشمان بسته این تست را اجرا کرد. پیش از اجرای تست محل قرارگیری محور گونیامتر، بازوی ثابت و متحرک گونیامتر علامت‌گذاری شد. محور گونیامتر روی اپی‌کندیل خارجی ران، بازوی ثابت گونیامتر در امتداد ران و بازوی متحرک در راستای استخوان تی‌بیا با دست قرار گرفت. پس از قرارگرفتن در زاویه دلخواه از آزمودنی خواسته می‌شد که به مدت پنج ثانیه روی این زاویه تمرکز کرده و آن را در حافظه کوتاه‌مدت خود به خاطر سپرد، سپس اندام به وضعیت شروع حرکت برگردانده می‌شد. در حالی که چشمان فرد بسته بود از وی خواسته می‌شد که این زاویه را فعالانه بازسازی نماید. وضعیت استراحت ۹۰ درجه فلکشن زانو و ۹۰ درجه فلکشن ران بود. در این مطالعه زاویای ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه فلکشن زانو که زاویای هدف برای

بازسازی بودند انتخاب شدند (زوایای ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه فلکشن زانو یعنی بترتیب ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه مانده به انتهای دامنه حرکت اکستنشن یا باز شدن زانو) (۲۶). زمان استراحت میان آزمون هر زاویه به منظور جلوگیری از خستگی یک دقیقه بود. آزمون برای هر یک از زوایای هدف سه بار تکرار شد. میانگین خطای بازسازی زاویه طی ۳ بار اندازه‌گیری، خطای بازسازی برای آن زاویه در نظر گرفته شد. ترتیب اندازه‌گیری خطا برای سه زاویه تصادفی انتخاب گردید، (شکل ۱).



شکل ۱. اندازه‌گیری حس عمقی

آزمون پرش عمودی: این آزمون برای ارزیابی توان غیرهوازی طراحی شده است. آزمون با ایستادن آزمودنی کنار دیوار و کاملاً صاف و چسبیده به دیوار آغاز شد و فرد با دست‌های کشیده، روی دیوار با گچ علامت می‌زد، سپس روی پاهای خود ایستاده و با استفاده از حرکت دست‌ها تا حد ممکن به بالا پرش انجام داد و روی دیوار علامتگذاری نمود. میزان ارتفاع پرش به سانتی‌متر، نمره فرد در این آزمون در نظر گرفته شد. سپس با استفاده از فرمول زیر توان غیرهوازی محاسبه شد (۲۷).

$$\text{(متر) فاصله پرش ارتفاع} * \text{(کیلوگرم) وزن} * ۲/۲۱: \text{توان (کیلوگرم بر ثانیه)}$$

آزمون پرش طول روی یک پا: این آزمون قابلیت‌های اجرایی عملکردی را ارزیابی می‌کند. برای اجرای این آزمون، فرد پشت خط شروع ایستاد به نحوی که انگشتان پایش قبل از خط شروع قرار گرفت، سپس تا حد ممکن با استفاده از اندام فوقانی فاصله بیشتری را با پای غالب بر روی زمین جهش و با همان اندام فرود انجام داد. در این آزمون کف کفش آزمودنی را به گچ آغشته کرده در صورت وقوع جابجایی در هنگام فرود، محل اولین فرود مشخص باشد. طول فاصله پرش به سانتی‌متر، نمره فرد در این آزمون محسوب شد (۲۷).

آزمون زمان جهش‌های متوالی روی یک پا در فاصله شش متری: طراحی این آزمون با هدف ارزیابی سیستم انرژی غیرهوازی و تعادل دینامیک صورت گرفته است. برای اجرای این آزمون، آزمودنی روی اندام غالب خود در ابتدای یک خط شش متری ایستاد، طوری که انگشتان پایش پشت خط قرار گرفت، سپس از آزمودنی خواسته شد تا با حداکثر سرعت این مسافت را روی اندام غالب با استفاده از اندام فوقانی با جهیدن طی نماید. نمره این آزمون، مدت زمانی است که فرد این آزمون را اجرا نمود که با زمان سنج استاندارد اندازه‌گیری شد (۲۷).

آزمون دویدن رفت و برگشت: از این آزمون برای ارزیابی چالاکی استفاده می‌شود. برای شروع این آزمون، فرد پشت خط شروع یک فاصله ۶/۵ متری ایستاد. آزمون با فرمان «۱، ۲، ۳ برو» آزمون‌گر آغاز شد. در این آزمون فرد فاصله تعیین‌شده را با دویدن پیمود و با پای خود خط پایان را لمس کرد و به خط شروع برگشت و خط شروع را نیز با پای خود لمس کرد و یک بار دیگر همین عمل را تکرار کرد، با این تفاوت که در تکرار دوم به سرعت از خط شروع عبور کرد. مدت زمان اجرای این آزمون با دقت یک صدم ثانیه نمره هر فرد است (۲۷).

روش جمع‌آوری داده‌ها: جامعه آماری تحقیق حاضر، زنان فعال دانشگاه خوارزمی بودند. با استفاده از اطلاعاتی از دانشجویان درخواست شد تا در صورت تمایل برای انجام بررسی‌های اولیه در ساعات مشخص شده به آزمایشگاه حرکات اصلاحی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه خوارزمی مراجعه کنند. با استفاده از فرم جمع‌آوری اطلاعات اولیه، افراد واجد شرایط انتخاب شده و تصادفی در سه گروه تقسیم شدند. برای اجرای پیش‌آزمون از گونیامتر دستی جهت جمع‌آوری داده‌های حس عمقی مفصل زانو استفاده شد و اطلاعات مربوط ثبت گردید، سپس آزمون‌های عملکردی انجام شد. آزمودنی‌ها در گروه‌های تجربی، به مدت شش هفته تمرینات عملکردی متداول (تعادلی، پلايومتریک و قدرتی) را به همراه بازخورد درونی و بیرونی، سه جلسه در هفته انجام دادند. برنامه تمرینی حاضر از یافته‌های به دست آمده از مطالعات منتشر شده و روش‌های پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی گرفته شده بود (۱۳، ۲۸، ۲۹). در این مدت گروه کنترل در برنامه تمرینی منظم خاصی شرکت نکرد. ۴۸ ساعت پس از اجرای آخرین جلسه تمرینی، در جلسه‌ای مشابه با جلسه اول، پس‌آزمون اجرا و اندازه‌گیری داده‌های حس عمقی مفصل زانو و آزمون‌های عملکردی انجام و نتایج تجزیه و تحلیل آماری شد. تعداد آزمودنی‌ها در گروه کنترل و بازخورد درونی هرکدام ۱۳ نفر و در گروه بازخورد بیرونی به ۱۴ نفر، به دلیل عدم مشارکت در پروتکل تمرینی و در دسترس نبودن آزمودنی‌ها تنزل پیدا نمود.

پروتکل بازخورد درونی: آزمودنی‌های در گروه بازخورد درونی، از سوی محقق آموزش یا بازخوردهایی در طی جلسات تمرین در رابطه با حرکات قسمت‌های بدن نسبت به هم دریافت نمودند؛ برای مثال، زانوی خود را بالای انگشتانشان نگه دارند، با زانوی خم شده فرود بیایند یا در هنگام فرود پاها به اندازه عرض شانه باز کنند در حوزه یادگیری حرکتی این نوع از کانون توجه، توجه درونی تعریف شده است (۱۴). در بازخورد درونی، دستورالعمل روی بدن به کار گرفته می‌شود. در هنگام انجام تمرینات عملکردی متداول به آزمودنی بازخوردهای زیر داده شد. تعادل را با توجه بر اندام‌های خودتان حفظ کنید، بر روی دو پا و در زمان یکسان فرود آید، در حالی که بر وضعیت حرکت زانوهایتان توجه نموده‌اید؛ پرش را تا جایی که می‌توانید انجام بدهید؛ در هنگام فرود زاویه ۹۰ درجه فلکشن در ران و زانو ایجاد نمایید؛ در حالی که زانوی شما بالای پا قرار دارد؛ فلکشن زانو را انجام دهید فاصله پاهایتان در هنگام فرود به اندازه عرض شانه باشد؛ در حالی که توجه شما به رسیدن نوک انگشتانتان به بالاترین ارتفاع باشد و بدون والگوس و واروس در زانو

تمرینات را انجام دهید پرش ارتفاع انجام دهید (۱۴). با توجه به اثر منفی تکرار زیاد برای بازخورد درونی تا حد امکان تعداد دفعات ارزیابی بازخورد کاهش یافت. در صورت انجام تکنیک اشتباه، محقق به آزمودنی بازخورد داد، همچنین هر زمان آزمودنی نیاز به بازخورد داشته درخواست ارزیابی بازخورد می‌کرد و از سوی محقق بازخورد دریافت می‌کرد (۱۴).

پروتکل بازخورد بیرونی: آزمودنی‌های در گروه بازخورد بیرونی، از سوی محقق آموزش یا بازخوردهایی در رابطه با نتایج حرکت دریافت می‌نمودند؛ برای مثال، تصور نمایید در هنگام فرود قصد نشستن بر روی یک صندلی را دارید. در توجه بیرونی، توجه روی یک جسم بیرونی مثلاً یک توپ بود تا توجه به بیرون از بدن انتقال یابد (۱۴). به منظور افزایش اثربخشی، تکرار بازخورد مهم است. تکرار زیاد بازخورد بیرونی برای الگوی حرکتی بهینه ارجحیت دارد. در هنگام اجرای تمرینات، آزمودنی بازخورد دریافت نمود؛ همینطور، هر زمان آزمودنی نیاز به دریافت بازخورد را احساس می‌کرد، از سوی محقق بازخورد دریافت می‌نمود. در هنگام انجام تمرینات به آزمودنی بازخوردهای مشابه امثال زیر ارائه گردید: در حالی که به رسیدن زانوهایتان نزدیک به مخروط توجه کرده‌اید پرش را انجام دهید؛ روی خطی که بر روی زمین رسم شده است فرود را انجام دهید؛ سعی نمایید هر کدام از پاهایتان را بر نقاط مشخص شده (به اندازه عرض شانه) روی زمین در هنگام فرود قرار دهید؛ در هنگام پرش سعی نمایید که به توپ آویزان شده بالای سرتان با دست ضربه بزنید (۱۴).

پروتکل اجرای تمرینات: آزمودنی‌ها در دو گروه بازخورد درونی و بیرونی، سه جلسه در هفته به مدت شش هفته، تمرینات عملکردی متداول همراه با بازخورد درونی و بیرونی را انجام دادند. هر جلسه تمرینی با پنج دقیقه گرم کردن شروع شد، سپس تمرینات عملکردی متداول همراه با بازخورد درونی و بیرونی اجرا شدند؛ پس از آن به مدت پنج دقیقه سرد کردن انجام شد. پروتکل تمرینی شامل تمرینات ایستادن تک پا روی پلات فوم بی‌ثبات، اسکوات تک پا، پرش تک پا برای کسب حداکثر مسافت، لانچ، اسکوات دوپا، پرش دوپا، پرش عمودی با ورتک، پرش کانترموونت^۱، مانورهای برشی گام‌برداری به پهلو^۲، بالارفتن از استپ، تعادل فرشته و پرش دراپ بود. اصل اضافه‌بار برای تمرینات با افزایش تعداد تکرارها، ست‌ها و مدت زمان اعمال شد. جلسات تمرینی را محقق هدایت می‌کرد. آزمودنی‌ها نحوه اجرای تمرینات را آموزش دیدند. آزمودنی‌ها اجازه داشتند فعالیت‌هایی که قبل از ورود به این مطالعه به آنها می‌پرداخته‌اند را دنبال نمایند، اما اجازه ورود به فعالیت‌های جدید را نداشتند.

1. Countermovement Jump
2. Sidestep Cutting Maneuver

| پرش دراپ | تعادل فرشته | بالا رفتن از استپ | مانورهای برشی گام برداری به پهلو | پرش کانترومنت | پرش عمودی با ورتک | پرش دوپا | اسکوات دوپا | لانچ | پرش تکپا برای کسب حداکثر مسافت | اسکوات تکپا | ایستادن تکپا بر روی پلات فوم |
|------------------|----------------------|-------------------|----------------------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------------------|-------------|------------------------------|
| - | - | - | - | - | - | - | - | ۱۲ تکرار / است ۲ | ۱۲ تکرار / است ۲ | ۳۰ / است ۲ | الی ۶۰ ثانیه |
| - | - | - | - | - | - | - | - | ۱۲ تکرار / است ۲ | ۱۲ تکرار / است ۲ | ۳۰ / است ۲ | الی ۶۰ ثانیه |
| - | - | - | - | ۱۵ تکرار / است ۲ | ۱۵ تکرار / است ۲ | ۱۵ تکرار / است ۲ | ۱۵ تکرار / است ۲ | - | - | - | - |
| - | - | - | - | ۱۵ تکرار / است ۲ | ۱۵ تکرار / است ۲ | ۱۵ تکرار / است ۲ | ۱۵ تکرار / است ۲ | - | - | - | - |
| ۱۲ تکرار / است ۳ | الی ۶۰ ثانیه / است ۳ | ۱۲ تکرار / است ۳ | ۱۲ تکرار / است ۳ | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ۱۲ تکرار / است ۳ | الی ۶۰ ثانیه / است ۳ | ۱۲ تکرار / است ۳ | ۱۲ تکرار / است ۳ | - | - | - | - | - | - | - | - |

نتایج با استفاده از نرم افزار آماری SPSS، نسخه ۲۳ و سطح معناداری ۰/۰۵ ارزیابی شد. از آمار توصیفی به منظور برآورد میانگین و انحراف استاندارد و از آزمون شاپیروویلک جهت بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها و از آزمون لون جهت بررسی پیش فرض همگنی واریانس‌ها استفاده شد. در ادامه از آزمون‌های تحلیل کوواریانس، تی زوجی و آزمون تعقیبی توکی برای بررسی تغییرات بین گروه‌ها استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج آزمون شاپیروویلک نرمال بودن خصوصیات آنتروپومتریکی گروه‌ها را نشان داد (جدول ۱).

جدول ۱. مشخصات آنتروپومتریکی گروه‌های مورد مطالعه

| معناداری | تمرینات عملکردی همراه با بازخورد | | کنترل | ویژگی‌های آنتروپومتریکی |
|----------|----------------------------------|-------------|-------------|--------------------------|
| | بیرونی | درونی | | |
| ۰/۷۸۰ | ۲۲/۲۱±۱/۸۰ | ۲۱/۶۹±۱/۸۸ | ۲۲/۳۱±۱/۸۴ | سن (سال) |
| ۰/۱۲۸ | ۱۶۴/۵۴±۶/۱۵ | ۱۶۳/۵۴±۳/۸۶ | ۱۶۲/۵۴±۶/۴۵ | قد (سانتی‌متر) |
| ۰/۶۲۵ | ۵۹/۸۲±۶/۰۷ | ۶۰/۴۶±۴/۴۰ | ۵۸/۹۲±۶/۳۷ | وزن (کیلوگرم) |
| ۰/۵۲۴ | ۴/۱±۱ | ۴/۷±۱/۵ | ۴/۳±۱/۱ | سابقه فعالیت ورزشی (سال) |
| | ۱۴ | ۱۳ | ۱۳ | تعداد |

نتایج مربوط به آزمون تحلیل کوواریانس برای متغیر حس عمقی و عملکرد بیانگر آن بود که تمرینات عملکردی همراه با بازخورد درونی و بیرونی بر حس عمقی و عملکرد تاثیر گذار می‌باشند (جدول ۲).

جدول ۲. نتایج آزمون تحلیل کواریانس برای بررسی اثر تمرینات بر حس عمقی و عملکرد زانو

| اندازه F | معناداری | اندازه اثر | توان آزمون | متغیر حس عمقی | |
|----------|----------|------------|------------|---------------------------------------|---------|
| ۲۳/۱۰ | *۰/۰۰۱ | ۰/۵۶۲ | ۱/۰۰۰ | ۳۰ درجه | حس عمقی |
| ۲۹/۱۸۹ | *۰/۰۰۱ | ۰/۶۱۹ | ۱/۰۰۰ | ۴۵ درجه | |
| ۷/۸۳۶ | *۰/۰۰۱ | ۰/۳۰۳ | ۰/۹۳۵ | ۶۰ درجه | |
| ۱۰/۱۷۹ | *۰/۰۰۰ | ۰/۳۶۱ | ۰/۹۷۹ | پرش عمودی | عملکرد |
| ۱۰/۰۹۰ | *۰/۰۰۰ | ۰/۳۵۹ | ۰/۹۷۸ | پرش طول روی یک پا | |
| ۱۸/۸۴۱ | *۰/۰۰۰ | ۰/۵۵۱ | ۱/۰۰۰ | جهش متوالی روی یک پا در فاصله شش متری | |
| ۹/۸۷۱ | *۰/۰۰۰ | ۰/۳۵۴ | ۰/۹۷۵ | دویدن رفت و برگشت | |

با توجه به معنادار بودن اثر تمرینات عملکردی همراه با بازخورد درونی و بیرونی بر حس عمقی و عملکرد زانو، از آزمون تی وابسته برای مقایسه درون گروهی (پیش آزمون و پس آزمون) استفاده شد (جدول ۳).

جدول ۳. نتایج آزمون تی وابسته

| گروه‌ها | متغیر حس عمقی | پیش آزمون | پس آزمون | درجه اختلاف | درصد تغییرات | معناداری |
|---|---------------|--------------|--------------|-------------|--------------|----------|
| کنترل | حس عمقی | ۷/۰۸±۱/۷۵ | ۷/۲۳±۱/۶۹ | -۰/۸۰۵ | ۲/۰۷ | ۰/۴۳۶ |
| | حس عمقی | ۸/۱۵±۲/۲۶ | ۸/۴۶±۱/۸۰ | -۰/۶۹۳ | ۳/۶۶ | ۰/۵۰۲ |
| | حس عمقی | ۶/۶۲±۲/۳۹ | ۷/۳۸±۲/۶۹ | -۱/۹۴۹ | ۱۰/۲۹ | ۰/۰۷۵ |
| تمرینات عملکردی همراه با بازخورد درونی | حس عمقی | ۸±۳/۱۸ | ۴/۸۵±۱/۴۰ | ۳/۸۶ | ۶۴/۹۴ | *۰/۰۰۲ |
| | حس عمقی | ۷/۳۸±۲/۳۲ | ۴/۳۱±۱/۲۵ | ۴/۰۳ | ۷۱/۲۲ | *۰/۰۰۲ |
| | حس عمقی | ۸/۴۶±۴/۲۱ | ۶/۲۳±۲/۶۵ | ۲/۳۱ | ۳۵/۷۹ | *۰/۰۳۹ |
| تمرینات عملکردی همراه با بازخورد بیرونی | حس عمقی | ۷±۱/۸۸ | ۴±۱/۳۵ | ۵/۹۶ | ۷۵ | *۰/۰۰۱ |
| | حس عمقی | ۷/۴۲±۱/۸۲ | ۴/۵۰±۱/۴۵ | ۴/۲۳ | ۶۵/۱۱ | *۰/۰۰۱ |
| | حس عمقی | ۷/۷۹±۲/۲۵ | ۴/۵۷±۲/۲۰ | ۴/۱۶ | ۷۰/۴۵ | *۰/۰۰۱ |
| کنترل | عملکرد | ۳۶/۳۷±۶/۹۵ | ۳۵/۵۳±۵/۹۰ | ۰/۷۱ | ۲/۳۶ | ۰/۴۸۶ |
| | عملکرد | ۱۰۴/۲۳±۱۶/۱۶ | ۱۰۳/۷۶±۱۶/۲۲ | ۱/۷۲ | ۰/۴۵ | ۰/۱۱۱ |
| | عملکرد | ۳/۰۴±۰/۴۵ | ۳/۰۸±۰/۳۷ | -۰/۳۶ | ۱/۲۹ | ۰/۷۱۹ |
| تمرینات عملکردی همراه با بازخورد درونی | عملکرد | ۱۰/۵۱±۰/۴۱ | ۱۰/۵۸±۰/۴۲ | -۱/۳۷ | ۰/۶۶ | ۰/۱۹۵ |
| | عملکرد | ۳۶/۳۸±۵/۹۶ | ۴۱/۰۴±۶/۵۰ | -۳/۶۳ | ۱۱/۳۵ | *۰/۰۰۳ |
| | عملکرد | ۱۰۷/۹۶±۵۴/۱۴ | ۱۱۸/۵۰±۱۵/۱۱ | -۲/۷۵ | ۸/۸۹ | *۰/۰۱۷ |
| تمرینات عملکردی همراه با بازخورد بیرونی | عملکرد | ۳/۱۵±۰/۴۶ | ۲/۷۱±۰/۳۳ | ۳/۴۳ | ۱۶/۲۳ | *۰/۰۰۵ |
| | عملکرد | ۱۰/۷۹±۱/۱۹ | ۱۰/۴۱±۱ | ۲/۴۳ | ۳/۶۵ | *۰/۰۳۲ |
| | عملکرد | ۴۱/۰۴±۵/۴۸ | ۴۵/۵۰±۴/۸۹ | -۳/۸۹ | ۹/۸۰ | *۰/۰۰۲ |
| | عملکرد | ۱۱۰/۲۸±۱۵/۸۶ | ۱۲۳/۵۷±۱۲/۶۵ | -۵/۰۶ | ۱۰/۷۵ | *۰/۰۰۰ |
| تمرینات عملکردی همراه با بازخورد بیرونی | عملکرد | ۲/۹۹±۰/۴۳ | ۲/۳۶±۰/۳۲ | ۶/۶۱ | ۲۶/۶۹ | *۰/۰۰۰ |
| | عملکرد | ۱۰/۹۶±۲/۷۱ | ۹/۶۲±۰/۴۹ | ۱/۸۸ | ۱۱/۱۲ | ۰/۰۸۳ |

* اختلاف معنادار میان پیش آزمون و پس آزمون

با توجه به نتایج آزمون تی وابسته تفاوت معناداری در حس عمقی میان دو گروه تجربی یافت نشد، اما درصد تغییرات در گروه بازخورد درونی در حس عمقی ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه به ترتیب ۶۴/۹۴، ۷۱/۲۲ و ۳۵/۷۹ گزارش شد. این مقادیر برای گروه تمرینی بازخورد بیرونی در سه زوایه ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه بترتیب ۷۵، ۶۵/۱۱ و ۷۰/۴۵ به دست آمد (جدول ۳)؛ همچنین، نتایج آزمون تی وابسته نشان داد که پروتکل تمرینی حاضر همراه با بازخورد درونی و بیرونی بر عملکرد آزمودنی‌ها تاثیر داشته است اما در آزمون عملکردی دویدن رفت و برگشت تغییرات معناداری میان پیش‌آزمون و پس‌آزمون مشاهده نشد (جدول ۳).

جدول ۴. نتایج آزمون تعقیبی توکی

| معناداری | خطای استاندارد | تفاوت میانگین | گروه‌ها | | متغیر | |
|----------|----------------|---------------|---------------|----------------|--------------------------------|---------|
| | | | کنترل | بازخورد درونی | | |
| *۰/۰۰۱ | ۰/۵۸۴ | ۲/۳۸ | کنترل | بازخورد درونی | ۳۰درجه | حس عمقی |
| *۰/۰۰۰ | ۰/۵۷۳ | ۳/۲۳ | کنترل | بازخورد بیرونی | | |
| ۰/۳۱۴ | ۰/۵۷۳ | ۰/۸۵ | بازخورد درونی | بازخورد بیرونی | | |
| *۰/۰۰۰ | ۰/۵۹۶ | ۴/۱۵ | کنترل | بازخورد درونی | ۴۵درجه | |
| *۰/۰۰۰ | ۰/۵۸۶ | ۳/۹۶ | کنترل | بازخورد بیرونی | | |
| ۰/۹۴۲ | ۰/۵۸۶ | -۰/۱۹ | بازخورد درونی | بازخورد بیرونی | | |
| ۰/۴۸۰ | ۰/۹۸۸ | ۱/۱۵ | کنترل | بازخورد درونی | ۶۰درجه | |
| *۰/۰۱۷ | ۰/۹۷۰ | ۲/۸۱ | کنترل | بازخورد بیرونی | | |
| ۰/۲۱۵ | ۰/۹۷۰ | ۱/۶۶ | بازخورد درونی | بازخورد بیرونی | | |
| ۰/۰۵۱ | ۲/۲۶ | -۵/۵۱ | کنترل | درونی | پرش ارتفاع | عملکرد |
| *۰/۰۰۰ | ۲/۲۲ | -۹/۹۷ | کنترل | بیرونی | | |
| ۰/۱۲۵ | ۲/۲۲ | -۴/۴۶ | درونی | بیرونی | | |
| *۰/۰۳۸ | ۵/۷۶ | -۱۴/۷۳ | کنترل | درونی | پرش طول روی یک‌پا | |
| *۰/۰۰۳ | ۵/۶۵ | -۱۹/۸۰ | کنترل | بیرونی | | |
| ۰/۶۴۶ | ۵/۶۵ | -۵/۰۷ | درونی | بیرونی | | |
| *۰/۰۲۵ | ۰/۱۳۴ | ۰/۳۶ | کنترل | درونی | جهش روی یک‌پا در فاصله شش‌متری | |
| *۰/۰۰۰ | ۰/۱۳۱ | ۰/۷۲ | کنترل | بیرونی | | |
| *۰/۰۳۰ | ۰/۱۳۱ | ۰/۳۵ | درونی | بیرونی | | |
| ۰/۸۰۴ | ۰/۲۶۸ | ۰/۱۷ | کنترل | درونی | دویدن رفت و برگشت | |
| *۰/۰۰۲ | ۰/۲۶۴ | ۰/۹۶ | کنترل | بیرونی | | |
| *۰/۰۱۳ | ۰/۲۶۴ | ۰/۷۹ | درونی | بیرونی | | |

* تفاوت معنادار

نتایج آزمون تعقیبی توکی بیانگر تاثیر معنادار تمرینات عملکردی همراه با بازخورد درونی و بیرونی بر حس عمقی بود (جدول ۴). با توجه به نتایج آزمون تعقیبی توکی تفاوت معناداری میان دو گروه تمرینی در آزمون‌های عملکردی پرش ارتفاع و پرش طول روی یک‌پا یافت نشد (جدول ۴)، اما نتایج آزمون تعقیبی توکی بیانگر تفاوت معنادار میان دو گروه تجربی در دو آزمون عملکردی جهش روی یک‌پا در فاصله شش

متری و آزمون دویدن رفت و برگشت بود. درصد تغییرات گزارش شده برای گروه بازخورد درونی برای دو آزمون بترتیب ۱۶/۲۳ و ۳/۶۵ و برای گروه بازخورد بیرونی ۲۶/۶۹ و ۱۱/۱۲ بود (جدول ۳)، اما درصد تغییرات گزارش شده برای دو آزمون عملکردی پرش ارتفاع و پرش طول روی یک پا در گروه بازخورد درونی بترتیب ۱۱/۳۵ و ۸/۸۹ و برای گروه بازخورد بیرونی به ترتیب ۹/۸۰ و ۱۰/۷۵ بود (جدول ۳).

بحث

هدف تحقیق حاضر مقایسه تاثیر شش هفته تمرینات جامع پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی همراه با بازخورد درونی و بیرونی بر عملکرد مفصل زانوی زنان فعال دانشگاهی بود. نتایج تحقیق نشان داد میزان خطای بازسازی حس عمقی در سه زاویه ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه در هر دو گروه پس از بکارگیری تمرینات همراه با بازخورد درونی و بیرونی کاهش یافت. در نتیجه می توان بیان نمود پروتکل تمرینی مذکور احتمالاً از فشار لازم برای ایجاد سازگاری در این مدت زمان برخوردار بوده است. کاهش میزان خطای بازسازی حس عمقی ممکن است بر اثر افزایش حساسیت سیستم دوک عضلانی باشد که احتمالاً با ارسال اطلاعات آوران به سیستم اعصاب مرکزی درباره موقعیت مفصل ایجاد می شود؛ همچنین، سازگاری های مرکزی متأثر از این تمرینات می تواند عضلات را تحریک نماید، در نتیجه حس موقعیت مفصل به طور معناداری بهبود می یابد. با توجه به تحقیق یلدیز و همکاران (۲۰۰۷) یکی از دلایل کاهش خطای زاویه بازسازی حس عمقی را بهبود ثبات عصبی عضلانی و ظرفیت عملکردی معرفی نمودند (۳۰). در توجیه اثر بیش تر تمرینات در زاویه ۳۰ درجه در بهبود حس وضعیت مفصل می توان به نقش متفاوت گیرنده های حس وضعیت در زوایای مختلف اشاره نمود. حس عمقی بیش تر به گیرنده های عضله و در وهله بعد گیرنده های مفصل وابسته است. در حین انجام حرکات فعال، نقش گیرنده های عضلانی مهم تر خواهد بود. هنگام کشیده شدن عضلات در سیکل های حرکتی، نرخ تحریک دوک عضلانی بیشتر از حالتی است که عضلات در طول کوتاه خود باشند. در زاویه ۳۰ درجه به دلیل فعالیت بیش تر عضلات وستوس مدیالیس و کشش عضله همسترینگ نسبت به زاویه ۶۰ درجه حساسیت به کشش بیش تر بوده در نتیجه دقت حس عمقی افزایش می یابد (۱). براساس فرضیه عمل محدود شده انتخاب تمرکز بیرونی یک مداخله آگاهانه در حرکات فرآیندهای کنترلی ایجاد می کند که به طور طبیعی حرکات موثرتر و بهتری را تنظیم می نماید؛ به بیان دیگر، تلاش برای کنترل فعالانه حرکات به فرایندهای کنترل خودکار لطمه می زند. انتخاب تمرکز بیرونی موجب نوعی کنترل خودکار می شود که سبب برتری فرایندهای غیر آگاهانه و غیر اختیاری می شود و به فرد اجازه می دهد تا حرکات را در یک دامنه وسیع تر کنترل نماید؛ در نتیجه، اجرا و یادگیری بهبود می یابد (۳۱). با توجه به ماهیت پروتکل تمرینی همراه با بازخورد درونی می توان نتیجه گرفت که بهبود حس عمقی با استفاده از بازخورد درونی به دلیل کنترل آگاهانه حرکت مشکل است که این ممکن است بی اثر بودن تمرینات در زاویه ۶۰ درجه در گروه بازخورد درونی را در پی داشته باشد (۳۱).

نتایج حاصل از آزمون کواریانس نشان داد که شش هفته تمرینات جامع پیشگیری از آسیب همراه با بازخورد درونی و بیرونی موجب بهبود معنی دار عملکرد در زنان فعال دانشگاهی می شود (جدول ۲). مکاراک و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی به بررسی نقش تمرکز توجه در مدت ۹ هفته تمرینات پلائیومتریک بر عملکرد پرش پرداختند. گروه بازخورد خارجی افزایش معناداری در مسافت پرش در آزمون پرش طول و ارتفاع پرش در آزمون پرش کانتر موومننت نسبت به دو گروه بازخورد داخلی و کنترل نشان دادند، که با مطالعه حاضر همسو بود (۱۷). وو و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی به بررسی تاثیر استراتژی های تمرکز توجه بر عملکرد در پرش طول پرداختند. نتایج افزایش مسافت پرش بیش تر در گروه بازخورد خارجی را نسبت به گروه بازخورد داخلی نشان داد که با مطالعه حاضر همخوان بود (۱۸). پورتر و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه ای به بررسی اثر تمرکز داخلی و خارجی بر زمان انجام حرکت پرداختند. نتایج کاهش زمان اجرای حرکت را در گروه بازخورد خارجی نسبت به گروه بازخورد داخلی و کنترل نشان داد، که با مطالعه حاضر همسو بود (۱۹).

صادقی و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه ای به بررسی اثر تمرین (Xbox Kinect) بر حس عمقی مردان سالمند پرداختند. نتایج تحقیق آنها بهبود حس عمقی در سه زاویه ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه را گزارش نمود (۲۵) که با مطالعه حاضر همخوان بود. افتخاری و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیقی به بررسی تاثیر هشت هفته تمرینات قدرتی و پلائیومتریک بر حس موقعیت مفصل زانو پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که تمرینات قدرتی صرفاً در زاویه ابتدایی فلکشن زانو منجر به پیشرفت حس موقعیت مفصل در حالت غیرفعال می شود، در حالی که تاثیر معناداری در حالت فعال مشاهده نگردید. در خصوص تمرینات پلائیومتریک، این تمرینات در زاویه ابتدایی فلکشن زانو منجر به پیشرفت حس موقعیت فعال و نیز در زوایای ابتدایی و انتهایی فلکشن زانو موجب بهبود حس موقعیت غیرفعال مفصل شد (۳۲). خلخالی و همکاران (۱۳۸۳) در مطالعه ای از میان سه پروتکل تمرینی (تمرینات قدرتی، زنجیره باز و بسته حرکتی و تمرینات تعادلی) صرفاً تمرینات تعادلی را در پیشرفت حس عمقی، سودمند معرفی کردند. نکته حائز اهمیت در این تحقیق انجام پروتکل تمرینی متفاوت و زاویه هدف ۶۵ درجه فلکشن زانو بود که آن را از تحقیق حاضر متمایز می نمود (۳۳).

آقاپور و همکاران (۱۳۹۶) در تحقیقی به بررسی اثر کینزیوتیپ بر عملکرد افراد با سندرم درد پتلا فمورال پرداختند. نتایج حاصل از این مطالعه بهبود عملکرد را در افراد با سندرم درد پتلا فمورال گزارش نمود که با نتایج مطالعه حاضر همسو بود (۳۴). وولف و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه ای به بررسی ارتباط توجه بیرونی و درونی بر ارتفاع پرش پرداختند. نتایج آنها حاکی از تاثیر معنادار بازخورد بیرونی بر ارتفاع پرش بود (۳۵).

میر و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعه ای به بررسی اثر تمرینات عصبی عضلانی پیشرفته بر عملکرد زنان ورزشکار پرداختند. نتایج این مطالعه از بهبود عملکرد بعد از انجام پروتکل تمرینی عصبی عضلانی حمایت می کند که با نتایج مطالعه حاضر همخوان می باشد (۲۹). ولینگ و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی به بررسی اثر بازخورد درونی، بازخورد بیرونی و بازخورد ویدئویی بر تکنیک و عملکرد فرود پرداختند. نتایج آنها بهبود در تکنیک پرش و فرود را در زنان گروه های بازخورد بیرونی و بازخورد ویدئویی نشان داد. ارتفاع

پرش در گروه بازخورد ویدئویی و زنان در گروه بازخورد بیرونی افزایش یافت (۳۱). نتایج این مطالعه با نتایج حاصل از تمرینات گروه بازخورد بیرونی تحقیق حاضر همخوان بود، اما با نتایج گروه بازخورد درونی مغایرت داشت از دلایل احتمالی مغایرت این تحقیق با مطالعه حاضر می‌توان به مدت زمان اعمال بازخورد، پروتکل تمرینی و گروه مورد مطالعه اشاره نمود. با توجه به اینکه آزمون‌های عملکردی ارزیابی شده در تحقیق حاضر جزء مانورهایی هستند که حرکات پرش و فرود و تغییر سریع جهت و شتاب دارد و با توجه به این‌که اضطراب و هراس و آروس-والگوس همراه با چرخش‌های درونی و بیرونی از اجزای اصلی این مانورها است و چون برای حمایت زانو در برابر این نیروها کنترل عصبی عضلانی کافی لازم است و با توجه به این‌که آسیب لیگامان صلیبی قدامی موجب قطع گیرنده‌های مفصلی و در نتیجه مهار رفلکس عصبی نرمال می‌گردد، بنابراین ثبات مفصل دچار اشکال می‌شود. به‌نظر می‌رسد این آزمون‌ها جهت کشف ناتوانی سیستم کنترل عصبی عضلانی که زانو را در مقابل نیروهای بیرونی حمایت می‌کند، در افراد مستعد آسیب لیگامان صلیبی قدامی مفید باشند (۳۶).

با توجه به نتایج تحقیق می‌توان مکانیزم بهبود عملکرد حرکتی را در زنان فعال دانشگاهی پس از شش هفته تمرین همراه با بازخورد را بر این اساس تفسیر نمود که با فعال‌سازی گیرنده‌های حسی و مکانیکی در تمرینات، احتمالاً این نوع تمرینات، ممکن است مستقیماً بر فعالیت مغز اثر گذارند. این موضوع، بیانگر آماده‌سازی نرون‌های حرکتی در یک گروه از عضلات و مفاصل برای انجام یک حرکت و سازگاری آن با زمینه محیطی و همچنین افزایش هماهنگی و یکپارچگی واحدهای حرکتی، هم‌انقباضی عضلات همکار، افزایش بازدارندگی عضلات مخالف می‌باشد که در نهایت موجب بهبود پاسخ‌های عصبی-عضلانی می‌شود و ممکن است عملکرد حرکتی را بهبود بخشد؛ از سوی دیگر، ممکن است تغییرات در الگوی تحریک الکتریکی واحدهای حرکتی یا در فرکانس تحریک و یا در همزمانی وارد عمل شدن واحدهای حرکتی اتفاق افتد و موجب افزایش بهبود حرکتی شود. در حالت طبیعی سازوکارهای فیدبک درونی (مانند اندام وتری گلژی)، بدن را در تولید تنش‌های بزرگ مهار می‌سازد؛ اما وقتی که با تمرینات، بدن در معرض سطوح بالایی از تنش قرار می‌گیرد، حساسیت این ارگانها، ممکن است با فرآیند برداشتن مهار خودبخودی کاهش یافته و به فرد اجازه دهد تا به ظرفیت تولید نیروی حداکثر مطلق بدن نزدیک شود (۳۴). در مطالعه حاضر تفاوت معناداری میان پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه بازخورد بیرونی برای آزمون عملکردی دویدن رفت و برگشت مشاهده نشد. از دلایل این مغایرت می‌توان به ساده‌بودن این آزمون عملکردی اشاره نمود. که در تحقیقات پیشین نیز بیان شده است که بازخورد بیرونی برای مهارت‌های مشکل و پیچیده سودمند است (۹).

نتیجه‌گیری

نتایج کلی تحقیق حاضر نشان داد که شش هفته تمرینات جامع پیشگیری از آسیب همراه با بازخورد درونی و بیرونی، تأثیر معنی‌داری بر متغیرهای منتخب کینتیک (حس عمقی و عملکرد) زانو دارد. برنامه‌های پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی باید بر جذب مناسب بار و تکنیک برش با فلکشن مناسب زانو بدون ایجاد

والگوس زانو توجه نمایند. اجرای تکنیک ایمن در مکانیسم‌های شایع آسیب لیگامان صلیبی قدامی ممکن است نقش مهمی در پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی داشته باشد، بنابراین استفاده از تکنیک بازخورد در جهت اصلاح تکنیک مهارت و یادگیری صحیح حرکت ضروری است. نتایج مطالعه حاضر پیشنهاد می‌کند برای ایجاد تقویت و تسریع یادگیری مهارت حرکتی در آزمودنی‌ها می‌توان از بازخورد استفاده کرد.

تقدیر و تشکر

این مقاله از پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه خوارزمی استخراج شده است. نویسندگان بر خود لازم دیده‌اند از آزمودنی‌ها، اساتید و دوستانی که در انجام این تحقیق مشارکت فعال داشته‌اند، قدردانی نمایند.

منابع

- Kooroshfard, N., Alizadeh, M.H., Kahrizy, S. (2011). The Effect of Patellar Taping on Knee Joint Position Sense in Healthy and Patellofemoral Pain Syndrome Futsalists Women. *Horizon Medical Science*. 17(2): 29-39. (in Persian)
- Hootman, J., Dick, R., Agel, J. (2007). Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: summary and recommendations for injury prevention initiatives. *Journal of Athletic Training*. 42(2): 311-9.
- Lyman, S., Koulouvaris, P., Sherman, S., Do, H., Mandl, L.A., Marx, R.G. (2009). Epidemiology of anterior cruciate ligament reconstruction: trends, readmissions, and subsequent knee surgery. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 91(10): 2321-8.
- Bollen, S. (2000). Epidemiology of knee injuries: diagnosis and triage. *British Journal of Sports Medicine*. 34(3): 227-8.
- Benjaminse, A., Otten, E. (2011). ACL injury prevention, more effective with a different way of motor learning? *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 19(4): 622-7.
- Øiestad, B.E., Holm, I., Engebretsen, L., Aune, A.K., Gunderson, R., Risberg, M.A. (2013). The prevalence of patellofemoral osteoarthritis 12 years after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 21(4): 942-9.
- Silvers, H.J., Mandelbaum, B.R. (2007). Prevention of anterior cruciate ligament injury in the female athlete. *British Journal of Sports Medicine*. 41(1): 52-9.
- Powell, J.W., Barber-Foss, K.D. (2000). Sex-related injury patterns among selected high school sports. *The American Journal of Sports Medicine*. 28(3): 385-91.
- Yu, B., Garrett, W.E. (2007). Mechanisms of non-contact ACL injuries. *British Journal of Sports Medicine*. 41(1): 47-51.
- Yousefzadeh, A., Khalkhali Zavieh, M., Khademi, Kh., Rahimi, A. (2012). Studying the knee joint proprioception in generalized joint hypermobility as compared to healthy subjects. *Journal of Research in Rehabilitation Sciences*. 8(1): 1-9. (in Persian)
- Myklebust, G., Engebretsen, L., Brækken, I.H., Skjøelberg, 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): 71-8.
- Wedderkopp, N., Kalfot, M., Holm, R., Froberg, K. (2003). Comparison of two intervention programmes in young female players in European handball—with and without ankle disc. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 13(6): 371-5.
- Lehnhard, R.A., Lehnhard, H.R., Young, R., Butterfield, S.A. (1996). Monitoring Injuries on a College Soccer Team: The Effect of Strength Training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 10(2): 115-9.
- Benjaminse, A., Otten, B., Gokeler, A., Diercks, R.L., Lemmink, K.A. (2017). Motor learning strategies in basketball players and its implications for ACL injury prevention: a randomized controlled trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 25(8): 2365-76.
- Porter, J.M., Anton, P.M., Wikoff, N.M., Ostrowski, J.B. (2013). Instructing skilled athletes to focus their attention externally at greater distances enhances jumping performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 27(8): 2073-28.
- Wulf, G., Shea, C., Lewthwaite, R. (2010). Motor skill learning and performance: a review of influential factors. *Medical Education*. 44(1): 75-84.
- Makaruk, H., Porter, J.M., Czaplicki, A., Sadowski, J., Sacewicz, T. (2012). The role of attentional focus in plyometric training. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 52(3): 319-27.
- Wu, W.F., Porter, J.M., Brown, L.E. (2012). Effect of attentional focus strategies on peak force and performance in the standing long jump. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 26(5): 1226-31.
- Porter, J.M., Nolan, R.P., Ostrowski, E.J., Wulf, G. (2010). Directing attention externally enhances agility performance: A qualitative and quantitative analysis of the efficacy of using verbal instructions to focus attention. *Frontiers in Psychology*. 1(216): 1-7.

20. Vance, J., Wulf, G., Töllner, T., McNevin, N., Mercer, J. (2004). EMG activity as a function of the performer's focus of attention. *Journal of Motor Behavior*. 36(4): 450-9.
21. Marchant, D., Greig, M., Scott, C., Clough, P. (2006). Attentional focusing strategies influence muscle activity during isokinetic bicep curls. In Poster Presented at the Annual Conference of the British Psychological Society, Cardiff, UK.
22. Marchant, D.C., M. Greig, C. Scott. (2009). Attentional focusing instructions influence force production and muscular activity during isokinetic elbow flexions. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 23(8): 2358-66.
23. Letafatkar, A., Rajabi, R., Ebrahimi Tekamejani, E., Minoonejad, H. (2014). Effects of perturbation training on quadriceps and hamstring electromyographic ratios. *Koomesh*. 15(4): 469-81. (In Persian)
24. Clifton, D.R., Grooms, D.R., Onate, J.A. (2015). Overhead deep squat performance predicts Functional Movement Screen™ score. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 10(5): 622-7.
25. Sadeghi, H., Hakim, M.N., Hamid, T.A., Amri, S.B., Razeghi, M., Farazdaghi, M., Shakoor, E. (2017). The effect of exergaming on knee proprioception in older men: a randomized controlled trial. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 69: 144-50.
26. Panics, G., Tallay, A., Pavlik, A., Berkes, I. (2008). Effect of proprioception training on knee joint position sense in female team handball players. *British Journal of Sports Medicine*. 42(6): 472-6.
27. Taghipour, M., Ebrahimi, I., Shaterzadeh, M.J., Salavati, M. (2000). Comparison of the effect of two training methods on lower limb function tests. *Journal of Gorgan University of Medical Sciences*. 2(2): 14-27. (In Persian)
28. Herman, D.C., Oñate, J.A., Weinhold, P.S., Guskiewicz, K.M., Garrett, W.E., Yu, B., Padua, D.A. (2009). The effects of feedback with and without strength training on lower extremity biomechanics. *The American Journal of Sports Medicine*. 37(7): 1301-8.
29. Myer, G.D., Ford, K.R., Palumbo, O.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.
30. Yildiz, Y., Sekir, U., Hazneci, B., Ors, F., & Aydin, T. (2007). Effect of isokinetic training on strength, functionality and proprioception in athletes with functional ankle instability. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 15(5): 654-64.
31. Welling, W., Benjaminse, A., Gokeler, A., & Otten, B. (2016). Enhanced retention of drop vertical jump landing technique: A randomized controlled trial. *Human Movement Science*. 45 :84-95.
32. Eftekhari, S., Khayambashi, Kh., Minasian, V, Yousefzadeh, M.A. (2013). Evaluating the effect of eight weeks of strength and pleometric exercises on knee joint position sensation. *Sports and Technology Academy*. (5): 63-73. (In Persian)
33. Khalkhali, M, Ghasemi, M, Talebian, Z, Abouei, M. (2004). Investigating the effect of open, closed, and equilibrium motor movement on knee joint sensory error in healthy young women. *Researcher*. 28(2): 115-9. (In Persian)
34. Aghapour, E., Kamali, F., & Sinaei, E. (2017). Effects of Kinesio Taping® on knee function and pain in athletes with patellofemoral pain syndrome. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 21(4):835-9.
35. Wulf, G., Dufek, J.S., Lozano, L., Pettigrew, C. (2010). Increased jump height and reduced EMG activity with an external focus. *Human Movement Science*. 29(3): 440-8.
36. Ebrahimi Takamejani, E., Shademan, A., Shaterzadeh, M.J, Keyhani, M. (2003). Comparative Analysis of 5 Different Functional Tests in ACL Deficient and Healthy Subjects. *Razi Journal of Medical Sciences*. 9(32): 643- 8. (In Persian)