Original Paper

Effect of external focus of attention and functional training on basketball knee stabilization muscle activity timing: A clinical trial study

***Mahla Ramezani Ozineh**, **Corresponding Author**, Ph.D in Sport Injury and Corrective Exercise, Department of Biomechanics and Sport Injuries, Kharazmi University, Tehran, Iran. **E-mail: mahla.ramezani@gmail.com** ORCiD 0000-0002-1631-5758

Amir Letafatkar (Ph.D), Assistant Professor in Sport Injury and Corrective Exercise, Department of Biomechanics and Sport Injuries, Kharazmi University, Tehran, Iran. ORCiD 0000-0002-5612-8340

Malihe Hadadnezhad (Ph.D), Associate Professor in Sport Injury and Corrective Exercise, Department of Biomechanics and Sport Injuries, Kharazmi University, Tehran, Iran. ORCiD 0000-0002-5826-1524

Abstract

Background and Objective: Anterior cruciate ligament (ACL) injury is one of the most serious knee injuries and it happens frequently during sports activities. Appropriate muscle activity is essential to provide joint stability and prevention of ACL injury. This study was performed to determine the effect of external focus instructions and functional training on basketball knee stabilization muscle activity timing.

Methods: This clinical trial study was performed on 48 healthy male basketball players of the Iranian Provincial League in the age range of 19-25 years. The basketball players were randomly divided into 3 groups of 16 people including control group, functional training group with feedback and group without feedback. The timing of the onset of electrical activity in the quadriceps, hamstrings, and Gluteus medius muscles of individuals before and after eight weeks in the single-leg landing task was examined by electromyography.

Results: There was a significant difference between the groups at the onset of Biceps Femoris, Gluteus Maximus, Gluteus Medius, Vastus Medialis, Vastus Lateralis, Rectus Femoris and Medial Hamstring muscles. There was a significant decrease in muscle activity onset between functional groups with and without feedback in compared to control group ($P<0.05$). There was no significant difference between the training groups at the beginning of the activity of the mentioned muscles.

Conclusion: Functional basketball training with and without feedback can optimize the activity time of the knee stabilizing muscles, during exercises such as jump-landing, increase the stability of the knee joint and possibly reduce ACL injury in athletes.

Keywords: Focus of Attention, Electromyography, Anterior Cruciate Ligament Injury

Received 12 Jul 2020 **Revised** 14 Sep 2020 **Accepted** 26 Sep 2020

Cite this article as: Ramezani Ozineh M, Letafatkar A, Hadadnezhad M. [Effect of external focus of attention and functional training on basketball knee stabilization muscle activity timing: A clinical trial study]. J Gorgan Univ Med Sci. 2021 Spring; 23(1): 11-21. [Article in Persian]

تحقیقی

اثر دستورالعمل‌های تمرکز بیرونی و تمرینات عملکردی بر زمانبندی فعالیت عضلات ثبات دهنده زانوی بسکتبالیست‌ها: یک مطالعه کارآزمایی بالینی

*** دکتر مهلا رمضانی اوزینه**، دکتری آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. ORCiD 0000-0002-1631-5758

دکتر امیر لطافت کار، استادیار آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. ORCiD 0000-0002-5612-8340

دکتر ملیحه حدادنژاد، دانشیار آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. ORCiD 0000-0002-5826-1524

چکیده

زمینه و هدف: *آسیب رباط صلیبی قدامی (Anterior Cruciate Ligament: ACL) از جدی‌ترین ضایعات زانو بوده و به صورت مکرر در حین فعالیت‌های ورزشی اتفاق می‌افتد. برای تامین ثبات مفصل و پیشگیری از آسیب ACL ، فعالیت به موقع و مناسب عضلانی ضروری است. این مطالعه به منظور تعیین اثر دستورالعمل های تمرکز بیرونی و تمرینات عملکردی بر زمانبندی فعالیت عضلات ثبات دهنده زانوی بسکتبالیست‌ها انجام شد.*

روش بررسی: *این کارآزمایی بالینی یک سویه کور روی ۴۸ نفر از مردان سالم بسکتبالیست لیگ استانی ایران در محدوده سنی ۲۵-۱۹ سال انجام شد. بسکتبالیست ها به صورت تصادفی در ۳ گروه ۱۶ نفری شامل گروه کنترل، گروه تمرینات عملکردی با فیدبک و گروه بدون فیدبک تقسیم شدند. زمانبندی شروع فعالیت الکتریکی عضلات چهارسرانی و همسترینگ و سرینی افراد قبل و بعد از هشت هفته در تکلیف فرود تک پا (توسط دستگاه الکترومایوگرافی) مورد بررسی قرار گرفت.*

یافته ها: *بین گروه‌ها در زمان شروع فعالیت عضلات رکتوس فموریس، وستوس لترالیس، وستوس مدیالیس، گلتئوس مدیوس، گلتئوس ماگزیموس، بایسپس فموریس و همسترینگ مدیال تفاوت آماری معنی‌داری وجود داشت. بین گروه‌های عملکردی با فیدبک و بدون فیدبک در مقایسه با گروه کنترل کاهش آماری معنی‌داری در زمان شروع فعالیت عضلات وجود داشت (P<۰/۰۵). در شروع فعالیت عضلات مذکور بین گروه‌های تمرینی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت.*

نتیجه‌گیری: *تمرینات عملکردی بسکتبال با و بدون فیدبک می‌تواند با بهینه کردن زمان فعالیت عضلات ثبات‌دهنده زانو، هنگام تمریناتی مانند پرش - فرود، افزایش ثبات مفصل زانو و احتمالاً کاهش آسیب دیدگی ACL را در ورزشکاران را به همراه داشته باشد.*

کلید واژه‌ها: *توجه تمرکز ، الکترومایوگرافی ، آسیب رباط صلیبی قدامی*

* نویسنده مسؤول : دکتر مهلا رمضانی اوزینه ، پست الکترونیکی mahla.ramezani@gmail.com

نشانی : تهران، انتهای میرداماد، انتهای خیابان رازان جنوبی، مجموعه شهید کشوری، دانشگاه خوارزمی، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی

تلفن ۰۲۱-۲۲۲۲۸۰۰۱ ، نمابر ۲۲۲۶۹۵۴۷

وصول مقاله: ۱۳۹۹/۴/۲۲، اصلاح نهایی: ۱۳۹۹/۶/۲۴، پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۷/۵

مقدمه

آسیب رباط صلیبی قدامی (Anterior Cruciate Ligament: ACL) یک آسیب رایج زانو در میان شرکت‌کنندگان ورزش‌های پرشی و دارای تغییر جهت است (۱). از علل اصلی آسیب رباطی مفصل زانو، اختلال ثبات مفصل در سه صفحه حرکتی، در طول زنجیره حرکتی اندام تحتانی و تنه به علت نقص در کنترل عصبی - عضلانی پویا و همچنین زمان‌بندی و فراخوانی نادرست در عضلات زانو در زمان انجام مانورهای ورزشی در اندام تحتانی است (۲). آسیب ACL همراه با مشکلات اسکلتی عضلانی طولانی مدت شامل آرتروز زانو، ناپایداری زانو، تغییرات دژنراتیو مفصلی و همچنین از دست دادن فصل مسابقات و تمرینات همراه است (۳و۴). این آسیب در حین ورزش یا در اوقات فراغت (۵) و اغلب در نتیجه مکانیسم غیربرخوردی رخ می‌دهد. تقریباً ۷۰ درصد آسیب‌های ACL ناشی از مکانیسم غیربرخوردی است. آسیب اغلب در طول پرش فرود، چرخش، توقف و مانور کاتینگ (cutting maneuver) اتفاق می‌افتد. بیش از ۷۰درصد آن در حین فرود از یک پرش رخ می‌دهد. معمولاً بسکتبالیست‌ها در حین بازی با افزایش و کاهش شتاب، پرش-فرود، مانور کاتینگ و حرکات چرخشی درگیر هستند که این حرکات بازیکنان را در معرض خطر آسیب ACL قرار می‌دهد (۶).

ویژگی‌های عصبی عضلانی یک عامل قابل تغییر از عوامل خطرزای آسیب ACL است (۷). سطح متوازن عضلات آگونیست و آنتاگونیست زانو برای ایجاد پایداری، نشان‌دهنده اهمیت حسی حرکتی این عضلات نسبت به قدرت و استقامت این عضلات است.

فعالیت این گروه از عضلات باید به گونه‌ای تنظیم شود که به صورت کاملاً هماهنگ، در زمان مناسب، در مدت مناسب و با ترکیب درستی از نیروها وارد عمل شوند. عضلات کوادریسپس، همسترینگ و گاستروکنمیوس دستخوش هم‌انقباضی رفلکسی و مقدماتی می‌شوند تا با افزایش سفتی مفصل، از آسیب جلوگیری کنند (۸). از این رو عملکرد نامناسب عضلات اطراف زانو می‌تواند آن را تحت تاثیر قرار داده و مفصل را مستعد آسیب کند.

مهارت‌های حرکتی می‌تواند با توجه تمرکز درونی (تمرکز بر خود حرکت) و توجه تمرکز بیرونی (تمرکز بر نتیجه حرکت) فراگرفته شود. برنامه‌های پیشگیری از آسیب ACL می‌تواند با افزودن توجه تمرکز بیرونی بهینه شود. زمانی که یک مهارت با تمرکز بیرونی یاد گرفته شود؛ فرآیندهای کنترل خودکار تسهیل شده و موجب خودسازماندهی بهتر دستگاه‌های مختلف می‌شود و توسط فرآیندهای کنترل هوشیارانه محدود نمی‌شود و نیاز فرد به درگیری مراکز مهم‌تر عصبی برای اداره اندام کاهش می‌یابد. در نتیجه منابع زیادی در دسترس هستند تا به سایر عوامل بازی (برای مثال ورزشکاران دیگر، شرایط زمین بازی و یا وضعیت توپ) توجه کنند (۹). انواع فیدبک افزوده که معمولاً مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ شامل دستورالعمل‌های کلامی ارایه شده توسط مربی و فیدبک بینایی با استفاده از نمایشگر یا فیلم است (۱۰). در این مقاله از فیدبک کلامی متناسب با تمرینات عملکردی استفاده می‌شود (۱۱).

همسو با بازخورد فیدبکی برای پیشگیری از آسیب به سیستم کنترل کننده‌ای نیاز است که با تنظیم دقیق زمانی و میزان فعالیت و هماهنگی فعالیت عضلانی از زاویه‌دار شدن‌های نامطلوب و ناخواسته مفصل در مواجهه با حرکات سریع و آنی، پیشگیری کنند (۱۲). این سیستم همان سیستم کنترل عصبی - عضلانی است که بر اساس برنامه‌های تمرینی اختصاصی تقویت کنترل نوروماسکولار طراحی‌شده‌اند و به این‌ترتیب از طریق بهبود ثبات داینامیک زانو، به کاهش خطر آسیب لیگامان ACL کمک می‌کنند. تمرینات عملکردی شامل مجموعه‌ای از تمرین‌های طراحی شده به‌صورت خاص برای بهبود مهارت‌های حرکتی است و هدف آن توسعه توانایی ورزشکار برای حفظ کارآمدی و قدرتمندی الگوهای حرکتی به حداقل رساننده خطر آسیب و بهبود عملکرد است (۱۳).

تحقیقات در زمینه پیشگیری از آسیب ACL بیشتر در زمینه اثر این تمرینات بر کاهش میزان و شیوع این آسیب و تفاوت‌های جنسیتی موجود در عوامل کینتیکی و کینماتیکی مرتبط با آسیب ACL انجام گرفته و اثر تمرینات بر عوامل عصبی عضلانی این آسیب کمتر بررسی شده است. در تحقیقات انجام گرفته در این زمینه نیز نتایج ضد و نقیضی وجود دارد. از جمله نتایج ضد و نقیض در مورد این تمرینات در تحقیق Steffen و همکاران بود که هیچ نتیجه‌ای از اثر تمرینات پیشگیری از آسیب در مورد کاهش میزان آسیب‌دیدگی مشاهده نشد (۱۴). Zebis و همکاران اثر تمرینات عصبی - عضلانی را بر کنترل حرکتی مفصل زانو حین حرکت برشی در بازیکنان نخبه فوتبال و هندبال بررسی و گزارش کردند تمرینات عصبی - عضلانی فعالیت الکترومایوگرافی عضله نیم وتری را افزایش و خطر والگوس زانو را کاهش می‌دهد (۱۵). در تحقیقی دیگر، صمدی و همکاران در توجیه یافته‌های خود مبنی بر اثرگذاری هشت هفته تمرینات عصبی - عضلانی بر بهبود شاخص‌های الکترومیوگرافی عضلات بیان داشت که دلایل و مکانیسم‌های احتمالی اثرگذاری این تمرینات به طور مختصر در چهار محور بهبود اطلاعات حس عمقی، بهبود یکپارچگی ورودی‌های حسی، بهبود سفتی عضلانی و تغییر در الگوی فعالیت عضلات اندام تحتانی خلاصه شده‌اند (۱۶).

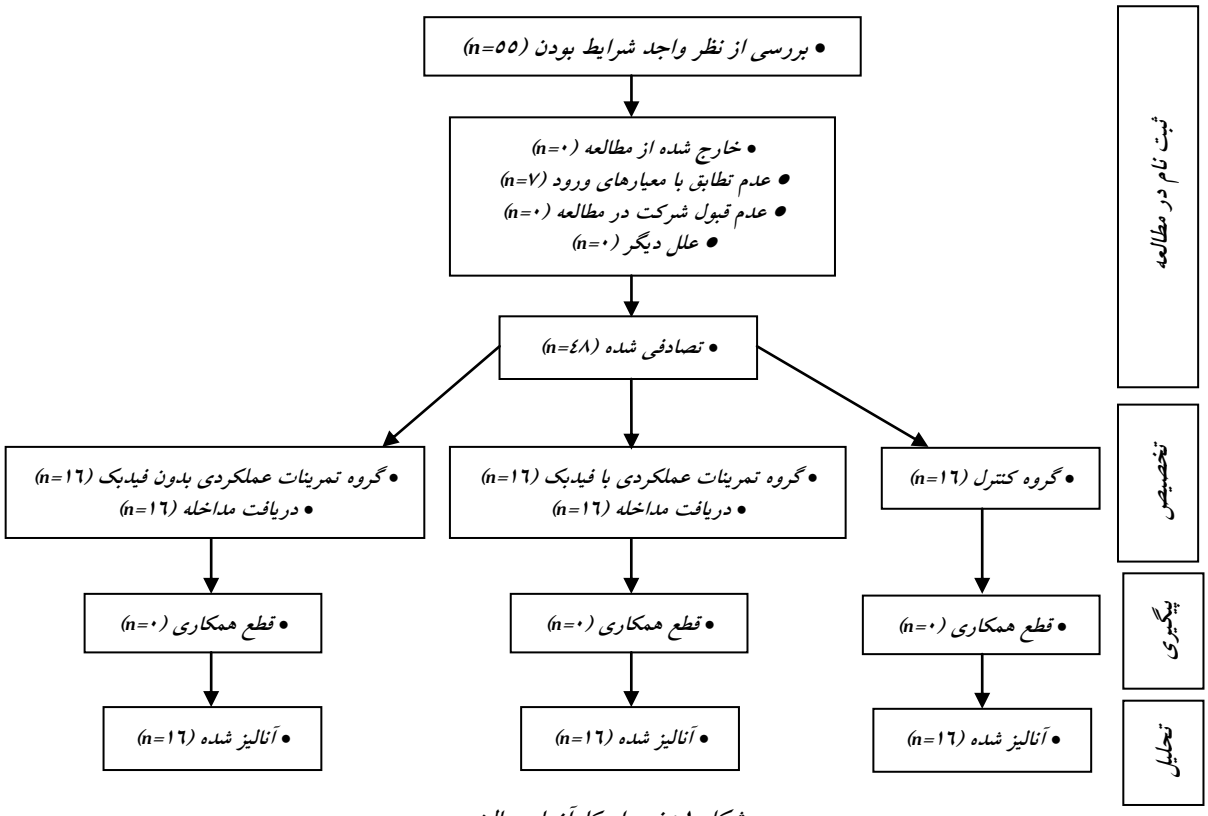
با توجه به نتایج تحقیقات گذشته برنامه‌های پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی، استراتژی که بتواند فرآیند یادگیری مهارت افراد در معرض خطر آسیب را تسهیل، حفظ و تقویت نماید؛ وجود ندارد. همچنین در تحقیقات محدودی به‌طور خاص اثر تمرینات اختصاصی عملکردی و ترکیب آن با فیدبک افزوده بررسی شده است. همچنین برنامه های گذشته پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی در کوتاه‌مدت وقوع آسیب ACL را کاهش داده‌اند. لذا نیاز است با استفاده از به‌کار گیری استراتژی‌های آموزشی فیدبکی مخصوصاً فیدبک بیرونی در طول جلسات تمرینی و جهت بخشیدن به کانون توجه ورزشکاران، برنامه های پیشگیرانه‌ای ارایه شوند تا علاوه بر این که وقوع آسیب در کوتاه مدت کاهش یابد؛ بلکه در پیشگیری از آسیب ACL در طولانی‌مدت اثربخش باشند. از این رو این مطالعه به منظور تعیین اثر دستورالعمل‌های تمرکز بیرونی و تمرینات عملکردی بر زمانبندی فعالیت عضلات ثبات دهنده زانوی بسکتبالیست‌ها انجام گردید.

روش بررسی

این کارآزمایی بالینی یک سویه کور روی ۴۸ نفر از مردان سالم بسکتبالیست لیگ دسته یک استان ایران در محدوده سنی ۲۵-۱۹ سال طی سال ۱۳۹۸ انجام شد.

مطالعه مورد تایید کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه خوارزمی (IR.KHU.REC.1398.044) و مرکز ثبت کارآزمایی‌های بالینی ایران (IRCT20200119046188N1) قرار گرفت. آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه کتبی شرکت در مطالعه را امضا نمودند

حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار جی پاور(آلفای ۰/۰۵، اندازه اثر ۰/۸ و با در نظر گرفتن ریزش ۱۰ درصد) به صورت هدفمند در دسترس انتخاب شدند.



شکل ۱ : نمودار کارآزمایی بالینی

معیارهای ورود به مطالعه شامل مردان فعال در محدوده سنی ۲۵-۱۹ سال، داشتن سلامت عمومی با تایید پزشک، داشتن شاخص توده بدنی در محدوده طبیعی (۲۵-۱۸/۵ کیلوگرم بر مترمربع)، داشتن سه سال سابقه فعالیت منظم تیمی در رشته بستکبال، حضور در لیگ دسته یک جوانان استان تهران، اجرای تمرینات توسط بازیکنان زیر نظر مربی، داشتن حداقل سه جلسه تمرین در هفته علاوه بر مسابقات و اجتناب از فعالیت‌های ورزشی دیگر بودند.

معیارهای عدم ورود به مطالعه شامل دارا بودن سابقه آسیب‌دیدگی در یک سال گذشته در ناحیه تنه و اندام تحتانی، وجود ناهنجاری‌های اندام تحتانی قابل تشخیص با ارزیابی بصری، شرکت در برنامه تمرینات فیدبکی در یک سال گذشته، سابقه جراحی در ناحیه تنه و اندام تحتانی، سابقه آسیب‌دیدگی وستیبولار، آسیب‌دیدگی گوش داخلی و آسیب‌دیدگی لیگامانی در اندام تحتانی طی یک سال گذشته، بودند. همچنین معیار خروج از مطالعه داشتن درد در زمان تحقیق بود (۱۷و۱۸).

پس از دریافت اطلاعات آنتروپومتریک، آزمودنی‌ها به‌صورت تصادفی به سه گروه ۱۶ نفری شامل گروه کنترل، گروه تمرینات عملکردی با فیدبک و گروه تمرینات عملکردی بدون فیدبک تقسیم شدند (شکل یک). لازم به ذکر است افرادی که داده‌های مربوط به متغیرهای پیامد و داده‌های آزمایشگاهی را آنالیز کردند؛ از نحوه تخصیص گروه‌های مطالعه اطلاعی نداشتند.

قبل از تمرین تمام بازیکنان گرم کردن استاندارد را انجام دادند که شامل دویدن آرام به مدت ۵ دقیقه، کشش پویا به مدت ۳ تا ۵ دقیقه و تمرینات چابکی و شتاب به مدت ۳ تا ۵ دقیقه بودند.

تمرینات فیدبکی شامل ۱۸ تمرین و برگرفته از پروتکل Benjaminse و همکاران بود که در حین تمرینات دستورالعمل‌های فیدبکی به‌صورت کلامی و با استفاده از استراتژی‌های یادگیری توجه بیرونی بر آزمودنی‌ها اعمال (۹) و طی ۸ هفته انجام شد (جدول یک).

تمرینات عملکردی شامل تمرینات عملکردی مهارت‌های حرکتی پایه در بسکتبال بودند. این تمرینات شامل مهارت‌های پرش و فرود، سرخوردن، گام متقاطع و انواع اسکات بودند که با و بدون فیدبک بر روی دو گروه انجام شد. تمرینات عملکردی در این تحقیق هر دو هفته یک بار پیشرفت کرد (۱۹) (جدول ۲).

برای جمع‌آوری داده‌های مربوط به فعالیت الکتریکی عضلات آزمودنی‌ها حرکت فرود تک پا از روی جعبه ۳۰ سانتی‌متری را قبل و بعد از دوره تمرینی انجام دادند (۲۰). هر آزمودنی مانور فرود تک‌پا را سه بار اجرا کرد (۲۱).

از دستگاه الکترومیوگرافی سطحی (Actos مدل وایرلس ساخت کشور سوئیس) استفاده شد و با استفاده از این دستگاه زمانبندی هفت عضله پای برتر قبل و بعد از دوره تمرینات ثبت شد. برای نرمال‌سازی داده‌های الکترومایوگرافی از آزمون MVC برای

جدول ۱ : فیدبک کلامی تمرینات

هفته	تمرینات	فیدبک خارجی
۱ و ۲	lateral Wall drill	پا را تا نقطه مشخص شده روی دیوار بلند کنید. سپس روی نشانگر کف زمین قرار دهید.
۱ و ۲	Cross over squat	پای عقب را روی نشانگر روی زمین بگذارید و زانوی خود را به سمت مخروط پایین بیاورید.
۱ و ۲	Double-leg squat	در حالی که زانوها را خم می‌کنید؛ زانوها را به سمت مخروط ها قرار دهید و وانمود کنید که می‌خواهید در حالی که یک توپ را بین زانوها نگه داشته‌اید؛ روی یک صندلی بنشینید. توجه: مخروط ها در راستای وضعیت طبیعی زانو قرار دارند.
۱ و ۲	Double leg drop jump	از یک جعبه ۳۰ سانتی‌متری به پایین پرش کنید و روی نشانگرهای کف زمین فرود بیایید و انگشتان پا و زانوها را به سمت مخروط ها قرار دهید. توجه: مخروط ها در راستای وضعیت طبیعی زانو قرار دارند.
۱ و ۲	Scissors jump	در انتهای یک مت تمرینی با بازوها در کنار بدن و پاها به اندازه عرض لگن بایستید و و آن را با دست زدن مربی تغییر دهید.
۳ و ٤	Power Sliding	تا نقطه مقابل مقاومت طناب سر خورده و سپس به نقطه اول برگردید.
۳ و ٤	Cross over Wall drill	یک دست را روی نشانگر روی دیوار بگذارید و زانوی دورتر را از دیوار راتا نشانگر روی دیوار بلند کنید.
۳ و ٤	Single-leg squat	روی یک پا بایستید و در حالی که زانوی خود را خم می‌کنید؛ به آرامی به سمت مخروط برسید. توجه: مخروط در راستای وضعیت طبیعی زانو قرار دارد.
۳ و ٤	Jumping lunge	در کنار دیوار تا ارتفاع ۲۰ سانتی متر پرش کنید. در حالی که وانمود می‌کنید که تخته‌ای در پشت دارید؛ زانوی خود را به سمت یک نقطه خیالی در مقابل خود ببرید.
۳ و ٤	Unilateral. Jumping and landing	با پای غالب به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر، روی نشانگرهای کف زمین فرود بیایید و انگشتان پا و زانوها را به سمت مخروط‌ها قرار دهید. توجه: مخروط ها در راستای وضعیت طبیعی زانو قرار دارند.

جدول ۲ : برنامه تمرینات عملکردی

هفته	پرش	گام متقاطع	اسکات	پریدن	Set\Time\Frequency
۱	lateral Wall drill	Cross over squat	Wall jump squat	Double leg jump Scissors jump	سه ست، هر ست ۳۰ ثانیه ۱۰ تکرار
۲	lateral Wall drill	Cross over squat	Wall jump squat	Double leg jump Scissors jump	سه ست، هر ست ۳۰ ثانیه ۱۰ تکرار
۳	Power Sliding	Cross over Wall drill	Flutter Kick Squat	Jumping lunge Unilateral. Jumping and landing	سه ست، هر ست ۳۰ ثانیه ۱۰ تکرار
٤	Power Sliding	Cross over Wall drill	Flutter Kick Squat	Jumping lunge Unilateral. Jumping and landing	سه ست، هر ست ۳۰ ثانیه ۱۵–۸ تکرار
٥	Assistive-resistive Sliding	Cross over step	Box jump squat	Single-leg hops over cone Cones (5-15cm tall)	سه ست، هر ست ۳۰ ثانیه ۱۵–۸ تکرار
٦	Assistive-resistive Sliding	Cross over step	Box jump squat	Single-leg hops over cone Cones (5-15cm tall)	سه ست، هر ست ۳۰ ثانیه ۱۵–۸ تکرار
۷	reactive Sliding	Sideways running with crossovers (“carioca”)	180 jump squat	Vertical jumps with headers	سه ست، هر ست ۳۰ ثانیه ۱۵–۸ تکرار
۸	reactive Sliding	Sideways running with crossovers (“carioca”)	180 jump squat	Vertical jumps with headers	سه ست، هر ست ۳۰ ثانیه ۱۵–۸ تکرار

عضلات استفاده شد. برای محاسبه زمان شروع فعالیت عضلات، در ابتدا امواج یک‌سویه شد و سه برابر انحراف استاندارد میزان فعالیت الکتریکی عضله در خط زمینه به عنوان آستانه آغاز فعالیت شناخته شد. طبق قرارداد، هنگامی که فعالیت عضله به آستانه برسد و حداقل به مدت ۲۵ میلی‌ثانیه بالای سطح آستانه باقی بماند؛ این نقطه به عنوان زمان آغاز فعالیت عضله در نظر گرفته می‌شود. آستانه فعالیت سه انحراف استاندارد فعالیت خط زمینه در محدوده زمانی ۲۰۰ میلی‌ثانیه پیش از برخورد پا تا ۲۰۰ میلی‌ثانیه پس از برخورد پا با زمین استفاده شد (۲۲). برای انجام محاسبات فوق ابتدا فایل‌های ثبت شده در برنامه Cortex به فرمت ASCII تبدیل شدند؛ سپس در برنامه MATLAB مورد بررسی قرار گرفتند.

با استفاده از آناتومی سطحی و روش SENIAM محل دقیق ماکرگذاری بطن هفت عضله رکتوس فموریس (Rectus Femoris: RF) ۵۰درصد از خط خار خاصره‌ای قدامی فوقانی تا بخش بالایی کشکک، وستوس مدیالیس (Vastus Medialis: VM) ۸۰درصد از خط بین خار خاصره‌ای

قدامی فوقانی و فضای مفصلی در مقابل لبه فوقانی رباط میانی، واستوس لترالیس (Vastus Lateralis: VL) دوسوم خط خار خاصره‌ای قدامی فوقانی به سمت خارجی کشکک، همسترینگ مدیال (Medial Hamstring: MH) ۵۰ درصد خط بین برجستگی ایسکیال و اپی‌کندیل داخلی تیبیا، همسترینگ لترال (بایسپس فموریس، Biceps Femoris: BF) ۵۰ درصد از خط بین برجستگی ایسکیال و اپی‌کندیل جانبی تیبیا، گلوتئوس مدیوس (Gluteus Medius: Gmed) ۵۰ درصد در خط از crista iliaca به تروکانتر و گلوتئوس ماگزیموس (Gluteus Maximus: Gmax) ۵۰ درصد در خط بین مهره‌های ساکرال و تروکانتر بزرگ، پای برتر توسط مارکر مشخص شدند.

روی هر هفت عضله دو الکترود قرار داده شدند. الکترودهای ثبات در ناحیه‌ای در میانه مسیر بین مرکزعصب‌گیری عضله و تاندون انتهایی به‌طور موازی با فیبرهای عضلانی قرار داده شدند. برای صحت و شناسایی بهتر عضله، از انقباضات ایزومتریک براساس روش‌های MMT استفاده گردید.

سیگنال‌های الکترومیوگرافی، حین فرود روی یک‌پا از روی جعبه ۳۰ سانتی‌متری ثبت شد. پس از ثبت سیگنال‌های الکترومیوگرافی، زمان‌بندی عضلات محاسبه گردید. فعالیت عضلات از لحظه شروع حرکت تا رسیدن به پایین‌ترین نقطه تحلیل شد (۲۳). به‌منظور نرمال کردن داده‌های الکترومایوگرافی میانگین میزان فعالیت عضلات بر حداکثر فعالیت عضلانی (MVC) تقسیم شد.

برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از آمار توصیفی میانگین و انحراف استاندارد برای توصیف داده‌ها و آزمون کلوموگروف - اسمیرنوف برای بررسی نرمال بودن داده‌ها استفاده شد. به منظور تجزیه‌و تحلیل فرضیه های پژوهش از آمار استنباطی، آنالیز واریانس یکراهه، تحلیل آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر و آزمون تعقیبی توکی استفاده گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MATLAB و SPSS-22 در سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ انجام گردید.

یافته‌ها

بین متغیرهای سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی آزمودنی‌ها تفاوت آماری معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳).

خصوصیات توصیفی (میانگین و انحراف معیار) و همچنین نتایج مقایسه درون گروهی و بین گروهی متغیرهای تحقیق در جدول ۴ به‌تفکیک پیش‌آزمون و پس‌آزمون ارایه شده است.

تفاوت بین‌گروهی و درون‌گروهی در شروع فعالیت عضله RF: میانگین شروع فعالیت عضله RF در اثر تمرینات عملکردی با فیدبک و بدون فیدبک از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون کاهش آماری معنی‌داری یافته است (P<۰/۰۵). علاوه بر این، نتایج آزمون تحلیل واریانس یکراهه نشان داد که بین سه گروه در شروع فعالیت عضله RF تفاوت آماری معنی‌داری وجود دارد (η2 =۰/۲۰۱، sig=۰/۰۰۳، F۲و۴۵=۶/۴۲۳). نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد که بین گروه تمرین عملکردی با فیدبک با گروه کنترل (η2=۰/۱۸۲، sig=۰/۰۱۰، F۱و۲۹=۷/۵۵۳) و بین گروه تمرین عملکردی بدون فیدبک با گروه کنترل (η2 =۰/۲۰۵، sig=۰/۰۰۵، F۱و۲۹=۸/۷۹۲) تفاوت آماری معنی‌داری وجود دارد. بین گروه تمرین عملکردی با فیدبک و تمرین عملکردی بدون فیدبک تفاوت آماری معنی‌داری یافت نشد (η2 =۰/۰۰۰، sig=۰/۹۸۶، F۱و۲۹=۰/۰۰۱) (جدول ۴).

تفاوت بین گروهی و درون گروهی در شروع فعالیت عضله VL: در اثر تمرینات عملکردی با و بدون فیدبک میانگین شروع فعالیت عضله VL از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون تغییر آماری معنی‌داری نیافت. نتایج آزمون تحلیل واریانس یکراهه نشان داد که بین سه گروه در شروع فعالیت عضله VL تفاوت آماری معنی‌داری وجود دارد (η2 =۰/۱۷۵، sig=۰/۰۰۷، F۲و۴۵=۵/۴۰۱). نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد که بین گروه تمرین عملکردی با فیدبک با گروه کنترل (η2 =۰/۱۸۲، sig=۰/۰۱۰، F۱و۲۹=۷/۵۴۴) و بین گروه تمرین عملکردی بدون فیدبک با گروه کنترل (η2=۰/۱۶۳، sig=۰/۰۱۵، F۱و۲۹=۶/۶۰۴) تفاوت آماری معنی‌داری وجود دارد. بین گروه تمرین عملکردی با فیدبک و تمرین عملکردی بدون فیدبک تفاوت آماری معنی‌داری یافت نشد (η2=۰/۰۰۴، sig=۰/۷۳۱، F۱و۲۹=۰/۱۲۰) (جدول ۴).

تفاوت بین گروهی و درون گروهی در شروع فعالیت عضله VM: در اثر تمرینات عملکردی با فیدبک میانگین شروع فعالیت عضله VM از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون، همچنین در اثر تمرینات عملکردی بدون فیدبک میانگین شروع فعالیت عضله VM از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون کاهش آماری معنی‌داری یافت (P<۰/۰۵). علاوه بر این، نتایج آزمون تحلیل واریانس یکراهه نشان داد که بین سه گروه در شروع فعالیت عضله VM تفاوت آماری

جدول ۳ : مشخصات آنتروپومتریکی آزمودنی‌ها

متغیرها	میانگین و انحراف معیار: گروه تمرین عملکردی با فیدبک	گروه تمرین عملکردی بدون فیدبک	گروه کنترل	p-value
سن (سال)	۲۲/۸۸±۲/۲۹	۲۲/۱۱±۲/۳٤	۲۲/۷۲±۲/۲۱	۰/٥٦٦
قد (سانتی‌متر)	۱۸۲/۳۳±٤/۱۷	۱۸٥/۲۸±۸/۷۰	۱۸۲/۷۲±۷/۹۷	۰/٥٤۳
وزن (کیلوگرم)	۷٤/۱۲±۲/۰٦	۷٦/٤٥±۳/۳۰	۷٥/٦٦±٥/۱٦	۰/۲٥۳
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)	۲۲/۲±۳/۰٦	۲۲/۲±۲/۲۱	۲۲/٦±۳/۱۱	۰/۳٤۳

جدول ٤ : تغییرات بین گروهی و درون گروهی زمانبندی (زمان شروع فعالیت عضله) عضلات

عضله	گروه‌ها	پیش‌آزمون واحد اندازه‌گیری (ms)	پس آزمون واحد اندازه‌گیری (ms)	تفاوت درون گروهی p-value	تفاوت بین گروهی پیش‌آزمون F	تفاوت بین گروهی پیش‌آزمون p-value	تفاوت بین گروهی پس‌آزمون F	تفاوت بین گروهی پس‌آزمون p-value
RF	تمرین عملکردی با فیدبک	-۰/۱۳±۰/٤٤	-۰/۳۳±۰/۱۰	۰/۰۰۸ #	۰/۰۷۹	۰/۹۲٤	٦/٤۲۳	۰/۰۰۳ *
	تمرین عملکردی بدون فیدبک	-۰/۱٤±۰/٤٥	-۰/۳۳±۰/۰۸	۰/۰۱ #				۰/۰۱$
	کنترل	-۰/۰۹±۰/٤٦	-۰/٤٥±۰/۱٥	۰/۸۸۹				۰/۰۰٥ **
VL	تمرین عملکردی با فیدبک	-۰/۰۷±۰/۲۱	-۰/۱٦±۰/۰٥	۰/۰۹۳	۰/۱۱٦	۰/۸۹۰	٥/٤۰۱	۰/۰۰۷ *
	تمرین عملکردی بدون فیدبک	-۰/۰۷±۰/۲۲	-۰/۱۷±۰/۰٤	۰/۰٦۰				۰/۰۱۲$
	کنترل	-۰/۰۷±۰/۲۱	-۰/۲۲±۰/۰۷	۰/٥۳۳				۰/۰۱٥ **
VM	تمرین عملکردی با فیدبک	-۰/۰۸±۰/۲۰	-۰/۱٥±۰/۰٤	۰/۰۰۹ #	۰/۰۷۸	۰/۹۲٥	۱۳/۰۷	۰/۰۰۱ *
	تمرین عملکردی بدون فیدبک	-۰/۰٥±۰/۲۱	-۰/۱٤±۰/۰۳	۰/۰۰۱ #				۰/۰۰۱$
	کنترل	-۰/۰٥±۰/۲۱	-۰/۲۲±۰/۰٦	۰/٦٤۷				۰/۰۰۱ **
Gmed	تمرین عملکردی با فیدبک	-۰/۱٥±۰/۳۱	-۰/۲۲±۰/۰٥	۰/۰۳۸ #	۰/۰۸۲	۰/۹۲۱	۸/۲۱٦	۰/۰۰۱ *
	تمرین عملکردی بدون فیدبک	-۰/۰۸±۰/۳۰	-۰/۲۳±۰/۰۷	۰/۰۳۲ #				۰/۰۰۱$
	کنترل	-۰/۱۱±۰/۳۱	-۰/۳۱±۰/۰۹	۰/۹۸٦				۰/۰۰٤ **
Gmax	تمرین عملکردی با فیدبک	-۰/۰٤±۰/۱۹	-۰/۱۳±۰/۰۳	۰/۰۰۲ #	۰/۳۳۳	۰/۷۱۸	۱٥/۱۱	۰/۰۰۱ *
	تمرین عملکردی بدون فیدبک	-۰/۰۳±۰/۱۸	-۰/۱۳±۰/۰۲	۰/۰۰۱ #				۰/۰۰۱$
	کنترل	-۰/۰٤±۰/۱۹	-۰/۱۸±۰/۰٤	۰/۳٥۰				۰/۰۰۱ **
BF	تمرین عملکردی با فیدبک	-۰/۱۲±۰/٥۰	-۰/۳٥±۰/۱۰	۰/۰۰۷ #	۰/٤٥۲	۰/٦۳۹	۱٥/٥۳	۰/۰۰۱ *
	تمرین عملکردی بدون فیدبک	-۰/۱۰±۰/٥۲	-۰/۳۳±۰/۰۹	۰/۰۲۳ #				۰/۰۰۱$
	کنترل	-۰/۱۱±۰/٥۳	-۰/٥۰±۰/۱۰	۰/۸۱۱				۰/۰۰۱ **
MH	تمرین عملکردی با فیدبک	-۰/۰۸±۰/۲۳	-۰/۱۷±۰/۰٥	۰/۰۰۱ #	۰/۰۱۳	۰/۹۸۸	٥/۸۳۸	۰/۰۰٥ *
	تمرین عملکردی بدون فیدبک	-۰/۰۸±۰/۲۳	-۰/۱۷±۰/۰٤	۰/۰۰۱ #				۰/۰۱۲$
	کنترل	-۰/۰۹±۰/۲۳	-۰/۲۳±۰/۰٦	۰/٤٤۷				۰/۰۰٦ **

*# تفاوت‌های آماری معنی‌دار از پیش‌آزمون به پس‌آزمون؛ * تفاوت آماری معنی‌دار بین سه گروه مورد مطالعه*
$ تفاوت آماری معنی‌دار بین گروه تمرین عملکردی با فیدبک و گروه کنترل؛
*** تفاوت آماری معنی‌دار بین گروه تمرین عملکردی بدون فیدبک و گروه کنترل*

معنی‌داری وجود دارد (۰/۳۳۹ =η2، ۰/۰۰۱=sig، ۱۳/۰۷٤=F۲و٤٥). نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد که بین گروه تمرین عملکردی با فیدبک با گروه کنترل (۰/۳۰۸=η2، ۰/۰۰۱=sig، ۱٥/۱۲۷=F۱و۲۹) و بین گروه تمرین عملکردی بدون فیدبک با گروه کنترل (۰/۳٥٤ =η2، ۰/۰۰۱=sig، ۱۸/٦۱۲=F۱و۲۹) تفاوت آماری معنی‌داری وجود دارد. بین گروه تمرین عملکردی با فیدبک و تمرین عملکردی بدون فیدبک تفاوت آماری معنی‌داری یافت نشد (۰/۰۰۱ =η2، ۰/۹۰۱=sig، ۰/۰۱٦=F۱و۲۹) (جدول ۴).

تفاوت بین گروهی و درون گروهی در شروع فعالیت عضله Gmed: در اثر تمرینات عملکردی با فیدبک میانگین شروع فعالیت عضله Gmed از پیش آزمون تا پس آزمون، همچنین در اثر تمرینات عملکردی بدون فیدبک میانگین شروع فعالیت عضله Gmed از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون کاهش آماری معنی‌داری یافت (P<۰/۰٥). علاوه بر این، نتایج آزمون تحلیل واریانس یکراهه نشان داد که بین سه گروه در شروع فعالیت عضله Gmed تفاوت آماری معنی‌داری وجود دارد (۰/۲٤٤ =η2، ۰/۰۰۱=sig، ۸/۲۱٦=F۲و٤٥). نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد که بین گروه تمرین عملکردی با فیدبک در مقایسه با گروه کنترل (۰/۲۷٦ =η2، ۰/۰۰۱=sig، ۱۲/۹٦۷=F۱و۲۹) و بین گروه تمرین عملکردی بدون فیدبک در مقایسه با گروه کنترل (۰/۲۱۷ =η2، ۰/۰۰٤=sig، ۹/٤۱۲=F۱و۲۹) تفاوت آماری معنی‌داری وجود دارد. بین گروه تمرین عملکردی با فیدبک و تمرین عملکردی بدون فیدبک تفاوت آماری معنی‌داری یافت نگردید (۰/۰۰۲ =η2، ۰/۸۰۳=sig، ۰/۰٦۳=F۱و۲۹) (جدول ۴).

تفاوت بین گروهی و درون گروهی در شروع فعالیت عضله Gmax: در اثر تمرینات عملکردی با فیدبک میانگین شروع فعالیت عضله Gmax از پیش آزمون تا پس آزمون، همچنین در اثر تمرینات عملکردی بدون فیدبک میانگین شروع فعالیت عضله Gmax از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون کاهش آماری معنی‌داری یافت (P<۰/۰٥). علاوه بر این، نتایج آزمون تحلیل واریانس یکراهه نشان داد که بین سه گروه در شروع فعالیت عضله Gmax تفاوت آماری معنی‌داری وجود دارد (۰/۳۷۲ =η2، ۰/۰۰۱=sig، ۱٥/۱۱٦=F۲و٤٥). نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد که بین گروه تمرین عملکردی با فیدبک با گروه کنترل (۰/۳٦۰=η2، ۰/۰۰۱=sig، ۱۹/۰۹۲=F۱و۲۹) و بین گروه تمرین عملکردی بدون فیدبک با گروه کنترل (۰/۳۷۷ =η2، ۰/۰۰۱=sig، ۲۰/٥۷٥=F۱و۲۹) تفاوت آماری معنی‌داری وجود دارد. بین گروه تمرین عملکردی با فیدبک و تمرین عملکردی بدون فیدبک تفاوت آماری معنی‌داری یافت

نگردید (η2 =۰/۰۰۱، sig=۰/۹۵۳، F۱و۲۹=۰/۰۰۴) (جدول ۴).

تفاوت بین گروهی و درون گروهی در شروع فعالیت عضله BF: در اثر تمرینات عملکردی با فیدبک میانگین شروع فعالیت عضله BF از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون، همچنین در اثر تمرینات عملکردی بدون فیدبک میانگین شروع فعالیت عضله BF از پیش آزمون تا پس‌آزمون کاهش آماری معنی‌داری یافت (P<۰/۰۵). علاوه بر این، نتایج آزمون تحلیل واریانس یکراهه نشان داد که بین سه گروه در شروع فعالیت عضله BF تفاوت آماری معنی‌داری وجود دارد (η2 =۰/۳۷۹، sig=۰/۰۰۱، F۲و۴۵=۱۵/۵۳۶). نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد که بین گروه تمرین عملکردی با فیدبک با گروه کنترل (η2 =۰/۳۶۴، sig=۰/۰۰۱، F۱و۲۹=۱۹/۴۱۸) و بین گروه تمرین عملکردی بدون فیدبک با گروه کنترل (η2=۰/۴۴۲، sig=۰/۰۰۱، F۱و۲۹=۲۶/۹۸۲) تفاوت آماری معنی‌داری وجود دارد. بین گروه تمرین عملکردی با فیدبک و تمرین عملکردی بدون فیدبک تفاوت آماری معنی‌داری یافت نگردید (η2=۰/۰۰۸، sig=۰/۶۱۰، F۱و۲۹=۰/۲۶۶) (جدول ۴).

تفاوت بین گروهی و درون گروهی در شروع فعالیت عضله MH: در اثر تمرینات عملکردی با فیدبک میانگین شروع فعالیت عضله MH از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون، همچنین در اثر تمرینات عملکردی بدون فیدبک میانگین شروع فعالیت عضله MH از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون کاهش آماری معنی‌داری یافت (P<۰/۰۵). علاوه بر این، نتایج آزمون تحلیل واریانس یکراهه نشان داد که بین سه گروه در شروع فعالیت عضله MH تفاوت آماری معنی‌داری وجود دارد (η2 =۰/۱۸۶، sig=۰/۰۰۵، F۲و۴۵=۵/۸۳۸). نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد که بین گروه تمرین عملکردی با فیدبک با گروه کنترل (η2 =۰/۱۷۰، sig=۰/۰۱۲، F۱و۲۹=۶/۹۶۸) و بین گروه تمرین عملکردی بدون فیدبک با گروه کنترل (η2 =۰/۲۰۵، sig=۰/۰۰۶، F۱و۲۹=۸/۷۶۲) تفاوت آماری معنی‌داری وجود دارد. بین گروه تمرین عملکردی با فیدبک و تمرین عملکردی بدون فیدبک تفاوت آماری معنی‌داری یافت نشد (η2 =۰/۰۰۱، sig=۰/۸۹۱، F۱و۲۹=۰/۰۱۹) (جدول ۴).

بحث

با توجه به نتایج مطالعه حاضر، در پیش‌آزمون مشاهده شد که عضله گلوتئوس مدیوس در گروه فیدبک و کنترل تاخیر زیادی نسبت به عضلات کوادریسپس در فعال شدن دارند که بعد از اجرای تمرینات، تغییرات قابل توجهی در اختلاف زمان‌بندی فعالیت عضلات همسترینگ با عضلات کوادریسپس ایجاد شد. این عامل باعث می‌شود که در زوایای فلکشن بیشتر زانو، همسترینگ به عنوان آنتاگونیست ACL عمل کرده و باعث کمک به حفظ تمامیت این لیگامان و ساختارهای پیرامونی شود (۲۴). ارتباط زیادی بین زمان آغاز فعالیت عضلات و میزان فعالیت فیدفورواردی عضلات پیش از تماس پا با زمین وجود دارد. زمان آغاز فعالیت عضلات پیش از تماس پا با زمین، عاملی کلیدی در تعیین میزان فعالیت عضلانی پیش از تماس پا با زمین و مسؤول اصلی ایجاد ثبات و محافظت از زانو هنگام فرود است (۲۵). بدیهی است چنانچه عضلات آمادگی کافی برای جذب نیروهای وارده را نداشته باشند؛ حرکات مفصلی در راستای ناصحیحی اجرا شده و خطر بروز آسیب افزایش می‌یابد.

چندین مطالعه تغییر الگوی فعالیت عضلانی را به دنبال تمرینات مداخله‌ای ACL را گزارش کردند (۲و۱۲و۲۳) که اشاره به شروع زودتر فعالیت همسترینگ، همراه با کاهش فعالیت چهار سر، طی فعالیت‌های پرش فرود، پرش عمودی، مانور کاتینگ دارد که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. زمان‌بندی مناسب در فعال شدن عضلات همسترینگ و هم‌انقباضی کافی در عضلات فلکسور زانو نیاز است تا اثرات حاصل از انقباض چهارسررانی را به تعادل رسانده؛ مفصل را در وضعیت فشرده قرار دهد و حداکثر گشتاورهای ابداکتوری و اکستنسوری زانو را کنترل نماید (۲).

با توجه به موارد عنوان شده می‌توان بیان کرد که تمرینات به‌کار گرفته شده با تعدیل و بهینه کردن زمان فعالیت عضلات ثبات‌دهنده زانو، احتمالاً می‌توانند نقش مهمی در کاهش آسیب‌دیدگی ACL در بسکتبالیست‌های جوان داشته باشد. بررسی دقیق‌تر نتایج تحقیق حاضر بیانگر اندازه اثر بالای هر دو شیوه تمرینی بر متغیرهای مورد بررسی است. البته لازم به ذکر است که در برخی متغیرها، اندازه اثر تمرینات با فیدبک بیرونی بالاتر از گروه تمرینات بدون فیدبک بیرونی است که نشان از اثرگذاری مثبت اجرای تمرینات عملکردی به همراه فیدبک بیرونی دارد.

نتایج این بخش از تحقیق با یافته‌های برخی مطالعات (۲۸-۲۶) همخوانی دارد؛ اما با یافته‌های برخی دیگر از مطالعات (۱۴و۲۹و۳۰) ناهمخوان است. از علت ناهمخوان بودن یافته‌ها می‌توان به نوع تمرینات، طول و مدت زمان تمرینات و شرایط آمادگی آزمودنی‌ها اشاره کرد.

باتوجه به نتایج به دست آمده، شاید یکی از مزیت‌های مهم تمرینات عملکردی بسکتبال آن است که فرد را در وضعیت مشابه شرایط واقعی آسیب قرار می‌دهد. بهبود ثبات زانو از این طریق، بیانگر بهینه شدن برنامه حرکتی بوده و تغییرات ایجاد شده در این تحقیق نیز از تئوری بهینه شدن حمایت می‌کند (۳۱). در این تئوری ذکر شده است که در اجرای یک حرکت خطرناک (آسیب‌زا) مانند فرود، فعالیت عضلات همسترینگ همزمان و منطبق با نیروهای برشی تیبیوفمورال دقیقاً بعد از برخورد پا با زمین افزایش پیدا می‌کند. مکانیسم احتمالی که به وسیله آن اجرای تمرینات عملکردی بسکتبال می‌تواند نیرو یا توان خروجی را افزایش دهد؛

در ارتباط با اثر مهاری گیرنده‌های وتری گلژی روی تولید نیرو است. از آنجایی که گیرنده‌های وتری گلژی به عنوان یک عامل محدود کننده تنشن عمل می‌کنند؛ میزان نیروی تولید شده را محدود می‌کند. زمانی که گیرنده‌های وتری در معرض سطوح بالایی از تنش قرار گیرند؛ حساسیت این ارگان‌ها ممکن است از طریق فرایند برداشتن مهار خود به خودی کاهش یابد تا به ظرفیت تولید نیروی حداکثر مطلق بدن نزدیک شود. با ماهرتر شدن سیستم عصبی همگام با تکرار تمرین، هماهنگی عضلات را افزایش می‌دهد و این موضوع عملکرد را تسهیل بخشیده و در نتیجه سطح مهار شدن را بالا می‌برد. در واقع چنانچه سطح مهار شدن افزایش یابد؛ بار بیشتری بر سیستم عضلانی اسکلتی اعمال شده و در نتیجه توانایی تولید نیرو افزایش پیدا می‌کند (۳۲).

یکی از اصول اساسی تمرینات عملکردی بسکتبال مورد استفاده در مطالعه حاضر آن بود که فرد در حین اجرای تمرینات بایستی همواره راستای صاف بدن را حفظ نموده، زانوی خود را به صورت جزیی خم کرده و بر روی پنجه فرود بیاید؛ همچنین سعی شد از والگوس و واروس زانو حین اجرای تمرینات جلوگیری گردد. خم نکردن و خم کردن بیش از حد زانو می‌تواند مشکلات اساسی را به دنبال داشته باشد. بنابراین احتمال می‌رود که آزمودنی‌ها در حین فرود نیز سعی کرده‌اند با راستای مناسب ران (فلکشن زانوی بیشتر) فرود بیایند و همین عامل منجر به ایجاد تغییرات قابل توجه در فعالیت عضلات آنها شده است. فعالیت‌های عملکردی، تمامی تدابیر موجود برای تحریک آوران‌های محیطی، فعال شدن همزمان عضله و کنترل حرکتی رفلکسی و از پیش برنامه‌ریزی شده را در بر می‌گیرند (۳۲). تاکید بر انجام تکنیک‌ها و مانورهای خاصی که مفاصل را در وضعیت‌های آسیب‌زا قرار می‌دهند؛ در شرایط کنترل شده مفید است. به این ترتیب با تکرار و شدت کنترل شده، فعالیت عضلانی (فیدبکی و فیدفورواردی)، به تدریج از کنترل حرکتی هوشیارانه به غیرهوشیارانه پیشرفت می‌کند (۱۵). بنابراین از آنجایی که در مطالعه حاضر تمرینات عملکردی بسکتبال با ارایه فیدبک‌های بیرونی برای اصلاح تکنیک فرود انجام شد؛ عضلات در قالب الگوی فرود تقویت شده و فعالیت آنها افزایش یافت. کنترل عصبی عضلانی به صورت پاسیو مسؤول کمک به حفظ ثبات مفصلی از طریق اطلاعات پاسخ‌های آوران و وابران است (۳۳). محققان عقیده دارند افزایش سفتی عضلانی که محصول پاسخ حرکتی وابران در حرکات عملکردی مانند پرش و فرود است؛ ثبات مفصلی بالایی فراهم کرده و زانو را از صدمه دیدگی نجات می‌دهد (۳۱). بنابراین بهبود فعالیت فیدفورواردی و فیدبکی حاصل شده در مطالعه ما به تنظیم سفتی و ثبات دینامیکی مفصل کمک کرده و خطر بروز آسیب ACL را کاهش می‌دهد.

الگوهای فعال شدن عصبی - عضلانی یکی از حیطه‌های تحقیق در زمینه آسیب‌دیدگی ACL به شمار می‌رود. برنامه‌های کنترل حرکتی که از طرف سیستم عصبی صادر می‌شوند؛ نقش مهمی در فعال‌سازی حرکات در خلال انجام فعالیت‌های مختلف دارند. فعال‌سازی مناسب و به موقع عضلات زانو، توسط برنامه‌های کنترل حرکتی ارایه شده از سمت سیستم عصبی مرکزی، پیش از تماس پا با زمین، نقش مهمی در ایجاد ثبات و استحکام مفصل زانو، به هنگام فرود پس از پرش ایفا می‌کند. زمان‌بندی شروع فعالیت عضلات پیش از تماس پا با زمین، نشان از وجود یک استراتژی کنترل حرکتی مرکزی دارد که عضلات را برای جذب نیروهای تماسی هنگام فرود، آماده می‌کند (۳۴). Krosshaug و همکاران کنترل عصبی - عضلانی را تحت عنوان تنظیم فعال شدن عضلانی از طریق سیستم عصبی و عوامل مرتبط با اجرای فعالیت ورزشی بیان کردند. الگوهای فراخوانی عصبی - عضلانی عضلات احاطه کننده اطراف زانو، مسؤول فراهم کردن سفتی و ثبات دینامیک زانو طی حرکت هستند (۸).

سطح فعالیت متوازن عضلات موافق و مخالف زانو برای ایجاد ناپایداری، نشان‌دهنده اهمیت حسی - حرکتی این عضلات است که باید به گونه‌ای تنظیم شوند که بتوانند به صورت کاملاً هماهنگ، در زمان مناسب وارد عمل شوند. ثبات دینامیک ناشی از عضلات، نیازمند پیش‌بینی و واکنش نسبت به بارهای اعمال شده بر مفصل است. هر عاملی که منجر به تاخیر و مهار عملکرد عوامل ثبات دهنده زانو شود؛ در درجه اول ثبات زانو و در درجه بعدی آسیب ACL را به دنبال خواهد داشت. چگونگی و زمان فعال شدن عضلات چهار سر رانی و همسترینگ، بر توانایی زانو در بهینه کردن سفتی زانو، جذب و پراکنده کردن نیروها اثرگذار بوده و از این طریق از آسیب ACL جلوگیری می‌کند (۱۹). فعال شدن زود هنگام چهار سر رانی به قدری مخرب است که باعث تاخیر در فعال شدن همسترینگ می‌شود. تاخیر در فراخوانی همسترینگ باعث جابجایی قدامی درشت‌نی شده و فرد را در معرض آسیب ACL قرار می‌دهد (۳۵).

عضلات همسترینگ اثر محافظتی بر روی ACL دارند و از طریق مقاومت در برابر نیروهای جلو برنده قدامی درشت‌نی باعث ایجاد ثبات دینامیک در زانو می‌شوند و هم‌انقباضی این عضلات با عضلات چهار سر رانی در حفظ ثبات مفصل زانو بسیار موثر است. پاسخ سریع عضلات همسترینگ ممکن است ثبات زانو را طی ورود نیروهای غیرمنتظره ورزشکاران بهبود ببخشد. وقتی ورزشکاران برای جذب نیروها در اندام تحتانی از همسترینگ به درستی استفاده کنند؛ با ایجاد زاویه فلکشن مناسب در زانو به بخش نیروها در مفاصل مختلف کمک کرده و در نهایت با ایجاد انقباض همزمان در

عضلات همسترینگ و چهار سر رانی باعث حفظ راستای مناسب در زانو می‌شود (۳۶). زمانبندی مناسب در فعال شدن عضلات همسترینگ و هم‌انقباضی کافی در عضلات فلکسور زانو نیاز است تا اثرات حاصل از انقباض چهار سر رانی را به تعادل برساند؛ مفصل را در وضعیت فشرده قرار دهد و حداکثر گشتاورهای ابداکتوری و اکستنسوری زانو را کنترل نماید (۲). زمان‌بندی مناسب فعالیت عضلات اطراف مفصل، الگوهای فیدفورواری مناسب را برای کنترل حرکت و وضعیت مفصل در حرکات آسیب‌زا فراخوانی می‌کند و در صورت نبود زمان‌بندی مناسب شروع فعالیت عضله، مفصل در معرض صدمه قرار می‌گیرد. از طرف دیگر، برای غلبه بر حرکات کنترل نشده مانند واروس و والگوس زانو حین فعالیت‌های ورزشی، نیاز است که الگوهای فیدفورواردی در زمان مناسب وارد عمل شوند تا جلوی این حرکات را بگیرند.

توصیه می‌گردد که مربیان ورزشی علاوه بر تمرینات عملکردی ویژه بسکتبال که قبل و بعد از از دوره آماده‌سازی به ورزشکاران ارایه می‌دهند؛ از دستورالعمل‌های فیدبک بیرونی که می‌تواند اثر بهتری بر اجرای ورزشکار داشته باشد؛ استفاده کنند. به احتمال زیاد ترکیب تمرینات عملکردی و فیدبک بیرونی می‌تواند از به وجود آمدن آثار مخرب در آسیب دیدگی ورزشکاران جلوگیری به عمل آورد. همچنین برای آشنایی با این شرایط در جهت به تعویق انداختن خستگی و افزایش ظرفیت عملکردی مدنظر قرار داده و باعث افزایش ثبات مفصل زانو و کاهش آسیب ACL در ورزشکاران شوند.

نتیجه‌گیری

احتمالاً می‌توان نتیجه گرفت که نوع تمرینات، نوع فیدبک و مدت زمان تمرینات به عنوان یک عامل خطر می‌تواند باعث اختلال در عملکرد عصبی - عضلانی برخی از عضلات اطراف زانو که وظیفه تامین ثبات مفصل هنگام انجام تکلیف پرش - فرود را بر عهده دارند؛ شده و نهایتاً می‌تواند آسیب لیگامان‌های زانو به خصوص ACL را در پی داشته باشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان‌نامه خانم مهلا رمضانی اوزینه برای اخذ درجه دکتری در رشته آسیب شناسی و حرکات اصلاحی از دانشگاه خوارزمی بود. بدین‌وسیله از شرکت کنندگان در مطالعه و نیز همه کسانی که در انجام این تحقیق ما را یاری نمودند؛ صمیمانه تشکر می‌نماییم.

References

1. Acevedo RJ, Rivera-Vega A, Miranda G, Micheo W. Anterior cruciate ligament injury: identification of risk factors and prevention strategies. Curr Sports Med Rep. 2014 May-Jun; 13(3): 186-91. DOI: 10.1249/JSR.0000000000000053

2. Hewett TE, Zazulak BT, Myer GD, Ford KR. A review of electromyographic activation levels, timing differences, and increased anterior cruciate ligament injury incidence in female athletes. Br J Sports Med. 2005 Jun; 39(6): 347-50. DOI: 10.1136/bjsm.2005.018572

3. Neilson V, Ward S, Hume P, Lewis G, McDaid A. Effects of augmented feedback on training jump landing tasks for ACL injury prevention: A systematic review and meta-analysis. Phys Ther Sport. 2019 Sep; 39: 126-35. DOI: 10.1016/j.ptsp.2019.07.004

4. Galber CM. The Effectiveness of Neuromuscular Training on a Modifiable Anterior Cruciate Ligament Injury Risk Factor. Thesis in Master of Science. Faculty of the College of Health Sciences and Professions of Ohio University. 2012.

5. Taylor JB, Ford KR, Schmitz RJ. Ross SE, Ackerman TA, Shultz SJ. A 6-week warm-up injury prevention programme results in minimal biomechanical changes during jump landings: a randomized controlled trial. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2018; 26: 2942-51. DOI: 10.1007/s00167-018-4835-4

6. Omi Y, Sugimoto D, Kuriyama S, Kurihara T, Miyamoto K, Yun S, et al. Effect of Hip-Focused Injury Prevention Training for Anterior Cruciate Ligament Injury Reduction in Female Basketball Players: A 12-Year Prospective Intervention Study. Am J Sports Med. 2018 Mar; 46(4): 852-61. DOI: 10.1177/0363546517749474

7. Hodel S, Kabelitz M, Tondelli T, Vlachopoulos L, Sutter R, Fucentese SF. Introducing the Lateral Femoral Condyle Index as a Risk Factor for Anterior Cruciate Ligament Injury. Am J Sports Med. 2019 Aug; 47(10): 2420-26. DOI: 10.1177/0363546519858612

8. Krosshaug T, Nakamae A, Boden BP, Engebretsen L, Smith G, Slauterbeck JR, et al. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. Am J Sports Med. 2007 Mar; 35(3): 359-67. DOI: 10.1177/0363546506293899

9. Benjaminse A, Gokeler A, Dowling A V, Faigenbaum A, Ford KR, Hewett TE, et al. Optimization of the anterior cruciate ligament injury prevention paradigm: novel feedback techniques to enhance motor learning and reduce injury risk. J Orthop Sports Phys Ther. 2015 Mar; 45(3): 170-82. DOI: 10.2519/jospt.2015.4986

10. Armitano CN, Haegele JA, Russell DM. The Use of Augmented Information for Reducing Anterior Cruciate Ligament Injury Risk During Jump Landings: A Systematic Review. J Athl Train. 2018 Sep; 53(9): 844-59.

11. Rostami A, Letafatkar A, Gokeler A, Tazji MK. The Effects of Instruction Exercises on Performance and Kinetic Factors Associated With Lower-Extremity Injury in Landing After Volleyball Blocks. J Sport Rehabil. 2020 Jan; 29(1): 51-64. DOI: 10.1123/jsr.2018-0163

12. Palmieri-Smith RM, Wojtys EM, Ashton-Miller JA. Association between preparatory muscle activation and peak valgus knee angle. J Electromyogr Kinesiol. 2008 Dec; 18(6): 973-79. DOI: 10.1016/j.jelekin.2007.03.007

13. Thompson CJ, Cobb KM, Blackwell J. Functional training improves club head speed and functional fitness in older golfers. J Strength Cond Res. 2007 Feb; 21(1): 131-37. DOI: 10.1519/00124278-200702000-00024

14. Steffen K, Myklebust G, Olsen OE, Holme I, Bahr R. Preventing injuries in female youth football--a cluster-randomized controlled trial. Scand J Med Sci Sports. 2008 Oct; 18(5): 605-14. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2007.00703.x

15. Zebis MK, Bencke J, Andersen LL, Døssing S, Alkjær T, Magnusson SP, et al. The effects of neuromuscular training on

knee joint motor control during sidecutting in female elite soccer and handball players. Clin J Sport Med. 2008 Jul; 18(4): 329-37. DOI: 10.1097/JSM.0b013e31817f3e35

16. Samadi H, Rajabi R, Alizadeh MH, Jamshidi A. [Effect of Six Weeks Neuromuscular Training on Dynamic Postural Control and Lower Extremity Function in Male Athletes with Functional Ankle Instability]. Sport Sciences Research Institue of Iran.2014; 5(14): 73-90. [Article in Persian]

17. Shanazari Z, Marandi S M, Minasian V. [Effect of 12-Week Pilates and Aquatic Training on Fatigue in Women with Multiple Sclerosis]. J Mazandaran Univ Med Sci. 2013; 23(98): 257-64. [Article in Persian]

18. Cameron MH, Wagner JM. Gait abnormalities in multiple sclerosis: pathogenesis, evaluation, and advances in treatment. Curr Neurol Neurosci Rep. 2011 Oct; 11(5): 507-15. DOI: 10.1007/s11910-011-0214-y

19. Baratta R, Solomonow M, Zhou BH, Letson D, Chuinard R, D'ambrosia R. Muscular coactivation. The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. Am J Sports Med. 1988 Mar; 16(2): 113-22. DOI: 10.1177/036354658801600205

20. DiFabio M, Slater LV, Norte G, Goetschius J, Hart JM, Hertel J. Relationships of Functional Tests Following ACL Reconstruction: Exploratory Factor Analyses of the Lower Extremity Assessment Protocol. J Sport Rehabil. 2018 Mar; 27(2): 144-50. DOI: 10.1123/jsr.2016-0126

21. Wikstrom EA, Tillman MD, Borsa PA. Detection of dynamic stability deficits in subjects with functional ankle instability. Med Sci Sports Exerc. 2005 Feb; 37(2): 169-75. DOI: 10.1249/01.mss.0000149887.84238.6c

22. Shahrokhi H, Letafatkar A, Barati A, Daneshmandi H, Jamshidi AA. [The effect of core stability exercises on functional capacity and fatigue in patients with multiple sclerosis]. Yafte. 2017; 19(1): 63-76. [Article in Persian]

23. Jafari H, Shah Hosseini G, Ebrahimi E, Shaterzadeh M. [Timing and electrical activity of knee related muscles in active and reactive timing and electrical activity of knee related muscles in active and reactive movement patterns in healty men]. Razi J Med Sci. 2003; 10 (35): 361-70. [Article in Persian]

24. Landry SC, McKean KA, Hubley-Kozey CL, Stanish WD, Deluzio KJ. Gender differences exist in neuromuscular control patterns during the pre-contact and early stance phase of an unanticipated side-cut and cross-cut maneuver in 15-18 years old adolescent soccer players. J Electromyogr Kinesiol. 2009 Oct; 19(5): e370-9. DOI: 10.1016/j.jelekin.2008.08.004

25. Hertel J. Functional Instability FollowingLateral Ankle Sprain. Sports Med 2000 May; 29 (5): 361-63.

26. Brito J, Figueiredo P, Fernandes L, Seabra A, Soares JM, Krustrup P, Rebelo A. Isokinetic strength effects of FIFA's "The 11+" injury prevention training programme. Isokinetics and Exercise Science. 2010; 18(4): 211-15.

27. Ghasemi Paeendehi V, Shojaeddin S, Ebrahimi Tekamejani E, Letafatkar A, Eslami M. [Study of knee joint kinematic changes during single leg drop landing after 8 weeks FIFA11+ program in young male soccer players]. Journal of Applied Exercise Physiology. 2018; 13(26) 91-104. DOI: 10.22080/JAEP.2017.1678 [Article in Persian]

28. Walsh M, Boling MC, McGrath M, Blackburn JT, Padua DA. Lower extremity muscle activation and knee flexion during a jump-landing task. J Athl Train. 2012 Jul-Aug; 47(4): 406-13. DOI: 10.4085/1062-6050-47.4.17

29. Chimera NJ, Swanik KA, Swanik CB, Straub SJ. Effects of Plyometric Training on Muscle-Activation Strategies and Performance in Female Athletes. J Athl Train. 2004 Jan-Mar; 39(1): 24-31.

30. Sadeghipour HR, Rahnama N, Daneshjoo A, Bambaeichi E. [The effect of Fifa 11+ injury prevention program on hamstrings and quadriceps isometric muscle strength in Iranian young professional soccer players]. JRRS. 2013; 8(6): 1113-22. DOI: 10.22122/jrrs.v8i6.720 [Article in Persian]

31. Abbasi A, Sadeghi H, Khaleghi Tazji M, Hosseini Mehr SH. [Gender differences in vertical ground reaction forces attenuation during stop-jump task]. Olympic. 2010; 17(4): 83-91. [Article in Persian]

32. Prentice WE. Rehabilitation techniques in sports medicine. 3rd ed. New York: McGraw-Hill. 1999; pp: 170-87.

33. Padua DA, Arnold BL, Carcia CR, Granata KP. Gender Differences in Leg Stiffness and Stiffness Recruitment Strategy During Two-Legged Hopping. J Mot Behav. 2005 Mar; 37(2): 111-25. DOI: 10.3200/JMBR.37.2.111-126

34. Santello M. Review of motor control mechanisms underlying impact absorption from falls. Gait Posture. 2005 Jan; 21(1): 85-94. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2004.01.005

35. Kimura J. Electrodiagnosis in Diseases of Nerve and Muscle: Principles and Practice. 4th ed. Oxford University Press. 2013. DOI: 10.1093/med/9780199738687.001.0001

36. Hewett TE, Ford KR, Hoogenboom BJ, Myer GD. Understanding and preventing acl injuries: current biomechanical and epidemiologic considerations - update 2010. N Am J Sports Phys Ther. 2010 Dec; 5(4): 234-51.