

Accepted Manuscript

Accepted Manuscript (Uncorrected Proof)

Title: Comparison of electromyographic activity of quadriceps and hamstrings of elite male and female soccer players during single-leg landing movement

Authors: S. Dadgar¹, M. Zarei², M. Seyedi³

1. Master of science in sport injuries and corrective exercises, Faculty of Sport and Health Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

2. Associate Professor, Department of Health and Rehabilitation in Sport, Faculty of Sport and Health Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

3. Assistant professor, Sports Medicine department, Sport Sciences Research Institute, Tehran, Iran.

***Corresponding:** sara Dadgar¹ Master of science in sport injuries and corrective exercises, Faculty of Sport and Health Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

saradadgar3099@gmail.com

To appear in: Sport Medicine Studies

Receive Date: 30 January 2022

Revise Date: 11 September 2022

Accept Date: 19 September 2022

First Publish Date: 19 September 2022

This is a “Just Accepted” manuscript, which has been examined by the peer-review process and has been accepted for publication. A “Just Accepted” manuscript is published online shortly after its acceptance, which is prior to technical editing and formatting and author proofing. Journal of Sport Medicine Studies provides “Just Accepted” as an optional service which allows authors to make their results available to the research community as soon as possible after acceptance. After a manuscript has been technically edited and formatted, it will be removed from the “Just Accepted” Website and published as a published article. Please note that technical editing may introduce minor changes to the manuscript text and/or graphics which may affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.

Please cite this article as:

Dadgar, S., Zarei, M., Seyedi, M. Comparison of electromyographic activity of quadriceps and hamstrings of elite male and female soccer players during single-leg landing movement. *Studies in Sport Medicine*, 2022; (): -. doi: 10.22089/smj.2022.12151.1572

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

عنوان: مقایسه فعالیت الکترومایوگرافی عضلات چهار سر ران و همسترینگ در بازیکنان نخبه فوتبال زن و مرد حین حرکت فرود تک پا

نویسندگان: سارا دادگر^{1*}، مصطفی زارعی²، محمدرضا سیدی³

1. کارشناسی ارشد آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، گروه تندرستی و بازتوانی در ورزش دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.*
2. دانشیار گروه تندرستی و بازتوانی در ورزش، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
3. استادیار گروه طب ورزشی، پژوهشکده علوم زیستی ورزش، پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی، تهران، ایران.

*نویسنده مسئول: سارا دادگر، دانشیار بیومکانیک ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

ایمیل: saradadgar3099@gmail.com

نشریه: مطالعات طب ورزشی

تاریخ دریافت: ۱۰ بهمن ۱۴۰۰

تاریخ بازنگری: ۲۰ شهریور ۱۴۰۱

تاریخ پذیرش: ۲۸ شهریور ۱۴۰۱

تاریخ اولین انتشار: ۲۷ آذر ۱۴۰۱

این نسخه «پذیرفته شده پیش از انتشار» مقاله است که پس از طی فرآیند داوری، برای چاپ، قابل پذیرش تشخیص داده شده است. این نسخه در مدت کوتاهی پس از اعلام پذیرش به صورت آنلاین و قبل از فرآیند ویراستاری منتشر می‌شود. نشریه مطالعات طب ورزشی گزینه «پذیرفته شده پیش از انتشار» را به عنوان خدمتی به نویسندگان ارائه می‌دهد تا نتایج آنها در سریع‌ترین زمان ممکن پس از پذیرش برای جامعه علمی در دسترس باشد. پس از آنکه مقاله‌ای فرآیند آماده‌سازی و انتشار نهایی را طی می‌کند، از نسخه «پذیرفته شده پیش از انتشار» خارج و در یک شماره مشخص در وبسایت نشریه منتشر می‌شود. شایان ذکر است صفحه آرایی و ویراستاری فنی باعث ایجاد تغییرات صوری در متن مقاله می‌شود که ممکن است بر محتوای آن تاثیر بگذارد و این امر از حیطة مسؤلیت دفتر نشریه خارج است.

لطفا این گونه استناد شود:

Dadgar, S., Zarei, M., Seyedi, M. Comparison of electromyographic activity of quadriceps and hamstrings of elite male and female soccer players during single-leg landing movement. *Studies in Sport Medicine*, 2022; (); -. doi: 10.22089/smj.2022.12151.1572

Abstract

The aim of the present study was to compare the electromyographic activity of quadriceps muscles and hamstrings of male and female professional soccer players in a single-leg landing movement.

The samples were 38 professional football players in Tehran province (19 women and 19 men). Electromyographic activity of quadriceps muscles and hamstrings were measured during the single-leg landing test. Independent t-test was used to compare muscle activity and timing of quadriceps and hamstrings in men and women.

The results of this study revealed that there was a significant difference between men and women professional footballers between feedforward activity of rectus femoris muscles ($P = 0.05$), Vastus medialis ($P = 0.05$), Vastus lateralis ($P = 0.05$), feedback activity of Semitendinosus muscles ($P = 0.05$) and Biceps femoris ($P = 0.05$). The induction of Semitendinosus muscles of women compared to men was reported with delay ($p = 0.006$). Also, early activation of Vastus lateralis muscles in women was observed compared to men ($p = 0.001$).

As shown in this study, more feedforward activity of female quadriceps muscles, delayed onset of Semitendinosus activity and early activation of Vastus lateralis muscles in women than men, in the task of landing on one leg, make women more prone to ACL injury. Therefore, it can be stated that one of the causes of ACL injury in women is the presence of defects in their neuro-muscular control system. As a result, strengthening and improving the nervous system of the hamstring muscles, especially in women, is recommended to prevent ACL ligament injury.

Keywords: ACL injury, electromyographic activity, single-legged landing, soccer player

چکیده

هدف از مطالعه‌ی حاضر بررسی تفاوت‌های موجود بین فعالیت الکترومایوگرافی عضلات زانو بین زنان و مردان فوتبالیست نخبه در حرکت فرود تک‌پا بود. نمونه‌های تحقیق، ۳۸ فوتبالیست نخبه استان تهران (۱۹ نفر زن و ۱۹ نفر مرد) بودند. فعالیت الکترومایوگرافی عضلات چهارسرران و همسترینگ آزمودنی‌ها حین آزمون فرود تک‌پا، اندازه‌گیری شد. جهت مقایسه فعالیت عضلانی فعالیت عضلانی فیدبکی و فیدفوراردی عضلات چهارسرران و همسترینگ زنان و مردان از آزمون آماری تی مستقل استفاده شد. یافته‌ها نشان داد بین فعالیت فیدفوراردی عضلات راست رانی ($P=0/001$)، پهن داخلی ($P=0/01$)، پهن خارجی ($P=0/03$)، فعالیت فیدبکی عضلات نیم وتری ($P=0/001$) و دو سر رانی ($P=0/02$) در زنان و مردان فوتبالیست نخبه تفاوت معناداری داشت. فراخوانی عضلات نیم‌وتری زنان نسبت به مردان با تاخیر گزارش شد ($p=0/006$). همچنین فعال شدن زودهنگام عضلات پهن خارجی زنان، نسبت به مردان در هنگام حرکت فرود تک‌پا مشاهده شد ($p=0/001$). نتایج مطالعه حاضر نشان داد، فعالیت فیدفوراردی بیشتر عضلات چهارسر زنان، تاخیر در شروع فعالیت عضلات نیم‌وتری و فعال شدن زودهنگام عضلات پهن خارجی در زنان نسبت به مردان، در تکلیف فرود تک‌پا، زنان را مستعد آسیب بیشتر رباط متقاطع قدامی می‌داند. بنابراین، می‌توان بیان کرد که یکی از دلایل آسیب رباط متقاطع قدامی در زنان، وجود نقص‌هایی در سیستم کنترل نروماسکولار آن‌ها می‌باشد. در نتیجه، تقویت و بهبود سیستم عصبی عضلانی عضلات همسترینگ، خصوصا در زنان به منظور پیشگیری از آسیب رباط متقاطع قدامی توصیه می‌گردد.

واژگان کلیدی: آسیب ACL، فعالیت الکترومایوگرافی، فرود تک‌پا، بازیکن فوتبال

مقدمه

رشته فوتبال یکی از پرتماشاگرترین ورزش‌ها در سطح جهان و ایران است؛ آمار اخیر فدراسیون بین‌المللی فوتبال نشان می‌دهد تعداد افرادی که در حال حاضر در جهان فوتبال بازی می‌کنند به بیش از ۲۷۰ میلیون نفر رسیده است (۱). رشته فوتبال بیشترین آسیب‌های ورزشی را به خود اختصاص داده است. میزان بروز آسیب‌دیدگی در میان بازیکنان فوتبال در حدود ۱۰ تا ۳۵ آسیب در هر ۱۰۰۰ ساعت مسابقه تخمین زده شده است (۲). یکی از مهم‌ترین آسیب‌ها در فوتبال لیست‌ها، پارگی لیگامان متقاطع قدامی^۱ (ACL) است (۳). نتایج تحقیقات نشان داده‌است که حدود ۷۰٪ آسیب‌های ACL ناشی از مکانیسم‌های غیر برخوردی می‌باشد (۴). بیشتر آسیب‌های ACL در حین فرود یا حرکات ورزشی پرخطر مانند مانور برش در مرحله میانی سکون (۵) کاهش ناگهانی شتاب^۲ و یا تغییر جهت با سرعت بالا برای فرار از رو به رو شدن با مدافع رخ می‌دهد (۶).

با توجه به اینکه آسیب ACL با ناتوانی و زمان ازدست‌رفته^۳ در ورزشکاران همراه است و نیز هزینه‌های مالی زیادی به ورزشکاران و تیم‌های ورزشی آن‌ها تحمیل می‌کند، امروزه توجه ویژه‌ای به شناسایی عوامل خطر آسیب و مکانیسم‌های آسیب غیر برخوردی این رباط به منظور پیشگیری مؤثرتر از آن، صورت گرفته است (۷). عوامل مختلفی در بروز آسیب ACL نقش دارند که می‌توان آن‌ها را در دو گروه عوامل درونی (عوامل عصبی عضلانی، بیومکانیکی، تفاوت‌های آناتومیکی و عوامل هورمونی) و عوامل بیرونی (شرایط محیطی، تجهیزات ورزشی و محافظتی) قرار داد (۸). محققان عملکرد عصبی عضلانی را یکی از مهم‌ترین ریسک فاکتورهای بروز آسیب ACL ذکر کرده‌اند. به‌منظور تأمین ثبات مفصل و پیشگیری از آسیب به عناصر ثبات‌دهنده غیرفعال مفصل (همچون نقش مکانیکی ACL) که توان ساختاری مقابله با چنین نیروهای سطح بالایی را ندارند، فعالیت به‌موقع و مناسب عضلانی امری ضروری و واجب است. در نتیجه به سیستم کنترل‌کننده‌ای (سیستم کنترل عصبی-عضلانی) نیازاست که با تنظیم دقیق زمانی و میزان فعالیت و هماهنگی فعالیت عضلانی، از آسیب پیشگیری کند (۹). بورگویز^۴ و همکاران در پژوهش خود گزارش کردند که فعالیت عضلات آگونیست و آنتاگونیست زانو باید به‌گونه‌ای تنظیم شود که به‌صورت کاملاً هماهنگ، در زمان مناسب، در مدت مناسب و با ترکیب درستی از نیروها وارد عمل شوند (۱۰). در نتیجه عملکرد نامناسب عضلات اطراف زانو می‌تواند ثبات آن را تحت تأثیر قرار دهد و مفصل را مستعد آسیب کند (۷).

فعالیت عضلانی و زمان‌بندی مناسب عضلات چهارسرانی و همسترینگ نقش قابل‌توجهی در ایجاد ثبات در مفصل زانو بر عهده دارد (۱۱). کاهش ثبات فعال مفصل منجر به افزایش تکیه بر ساختارهای غیرفعال آن شده و شرایط را برای آسیب ACL فراهم می‌کند؛ ثبات غیرفعال عموماً در زمان خاصی بروز می‌کند، مانند زمانی که عضلات چهارسرانی و همسترینگ هیچ‌کدام فعال نشده، در سطح کم فعال شده و یا زمانی که به علت وارد شدن اغتشاش ناگهانی، به‌طور رفلکسی خاموش باشند

¹ Anterior Cruciate Ligament

² Deceleration

³ Time loss

⁴ Borghuis

(۱۲). گزارش شده است که فعالیت شدید عضلات چهار سر ران سبب تولید نیروی برشی قدامی برای آسیب ACL در زوایای پایین فلکشن زانو شده است (۱۳، ۱۴). رنستروم^۵ و همکاران بیان کردند که عضلات همسترینگ یک تاثیر محافظتی بر روی ACL دارند (۱۵) و این عضلات از طریق مقاومت در برابر نیروهای جلو برنده استخوان درشتنی ثبات داینامیک زانو را تأمین می‌کنند (۱۳، ۱۶).

مطالعات نشان داده‌اند که زنان ورزشکار ۲ تا ۱۰ برابر بیشتر از مردان ورزشکار در معرض آسیب ACL قرار می‌گیرند و به لحاظ الگوی حرکتی نیز متفاوت عمل می‌کنند (۷، ۸، ۱۷، ۱۸). زنان ورزشکار طی فعالیت‌های ورزشی، نقص‌های کنترل عصبی-عضلانی را نشان می‌دهند که موجب افزایش بارهای مفاصل اندام تحتانی می‌شوند (۱۹). نقص‌های عصبی-عضلانی به عنوان اختلال در قدرت عضلانی، توان یا الگوهای فعال‌سازی که منجر به افزایش بارهای مفصل زانو و ACL می‌شوند، تعریف شده‌اند (۲۰). سیدی و همکاران با مقایسه الگوی حرکتی اجرای حرکت برش در فوتبالیست‌های نوجوان دختر و پسر نشان دادند که زنان ورزشکار در مقایسه با مردان ورزشکار، استراتژی‌های عصبی عضلانی مجزا دارند و از همین رو در الگوهای حرکتی مفصل زانو، خطر بیشتری برای آسیب ACL وجود دارد (۸، ۲۱). ایبن^۶ و همکاران فعالیت بیشتر عضلات همسترینگ را در مردان نسبت به زنان در حین حرکت فرود گزارش کردند (۲۲)، اما بعضی از محققان تفاوت معناداری بین فعالیت الکترومایوگرافی عضلات اندام تحتانی زنان و مردان (۲۳) گزارش نکردند و از طرفی، رزی^۷ و همکاران فعالیت بیشتر عضلات همسترینگ را در زنان گزارش کردند (۲۴). برخی پژوهش‌ها فعالیت بیشتر در عضله چهار سر رانی را در زنان حین حرکت فرود نسبت به مردان گزارش کردند (۲۵، ۲۶)، اما گریسون^۸ و همکاران تفاوت معناداری در فعالیت عضلات راست رانی بین دو جنس نیافتند (۲۳). همچنین، در زمان بندی و فراخوانی فعالیت عضلات اندام تحتانی بین دو جنس نتایج متفاوت بود. ایبن و همکاران، عدم تفاوت معنادار را در زمان بندی عضلات همسترینگ و فعال شدن سریع‌تر عضلات پهن خارجی و پهن داخلی را در مردان نسبت به زنان گزارش کردند (۲۲)، در حالی که کولینگ^۹ و همکاران تاخیر در آغاز فعالیت عضلات نیم وتری مردان را نسبت به زنان گزارش کردند (۲۷). محمودیان و مینونژاد گزارش کردند که مقدار فعالیت فیدفوراردی عضلات چهار سر رانی در زنان به طور معنی داری بیشتر از مردان بود و در میزان فعالیت همسترینگ بین زنان و مردان تفاوت معناداری وجود ندارد (۲۸). در برخی از تحقیقات تاخیر در شروع فعالیت عضله نیم‌غشایی مردان در طی حرکت فرود نسبت به زنان ورزشکار گزارش شده است (۱۵). می‌توان بیان کرد که داشتن آگاهی پیرامون زمان آغاز فعالیت و نسبت نیروهای عضلانی در اندام تحتانی به صورت فیدفوراردی و فیدبکی حین اجرای حرکاتی مانند فرود، پرش فرود و برش جهت شناسایی علت آسیب رباط متقاطع قدامی و پیشگیری از آن کمک‌کننده است و با بررسی تفاوت فعالیت عضلانی در مردان و زنان ورزشکار و تأیید این تفاوت، می‌توان برنامه‌های تمرینی متفاوتی برای آنها جهت پیشگیری از آسیب رباط متقاطع قدامی طراحی کرد (۲۹).

پیشینه تحقیق نشان داد که مطالعات در زمینه تفاوت فراخوانی، میزان فعالیت فیدفوراردی و فیدبکی عضلات همسترینگ و چهارسر ران در زنان و مردان و به طور ویژه ورزشکاران نخبه رشته فوتبال نتایج متفاوتی به دست آوردند و دارای ابهام بودند. از این رو هدف از پژوهش حاضر، مقایسه فعالیت الکترومایوگرافی عضلات چهار سر و همسترینگ زنان و مردان فوتبالیست نخبه در حرکت فرود تک‌پا بود.

⁵ Renstrom

⁶ Ebben

⁷ Rozzi

⁸ Garrison

⁹ Cowling

روش پژوهش

با توجه به اینکه تحقیق حاضر مقایسه فعالیت الکترومایوگرافی عضلات زانو فوتبالیست‌های نخبه زن و مرد را بررسی کرد، روش تحقیق حاضر از نوع علی مقایسه‌ای است. جامعه آماری تحقیق فوتبالیست‌های نخبه مرد و زن استان تهران بودند که شرایط ورود به تحقیق را داشتند. برای ورود به پژوهش حاضر آزمودنی‌ها می‌بایست حداقل سه سال سابقه فعالیت تیمی در رشته فوتبال، دامنه سنی ۱۸ تا ۲۳ سال، حضور در لیگ فوتبال استان تهران، داشتن حداقل دو جلسه تمرین در هفته (با توجه به شرایط کرونا)، داشتن شاخص توده بدنی نرمال، دارا بودن سلامت عمومی و عدم وجود آسیب قبلی یا جراحی یا پارگی لیگامان‌های زانو در اندام تحتانی در شش ماه گذشته که از طریق فرم سابقه پزشکی توسط شرکت کنندگان بررسی شد و عدم وجود ناهنجاری مشهود در اندام تحتانی، همچنین ورزشکارانی که در پست دروازه‌بانی مشغول بودند با توجه به تفاوت ماهیتی تمرینات و عملکرد ورزشی مورد ارزیابی قرار نگرفتند. همچنین در طول تحقیق در صورتی که هر کدام از آزمودنی‌ها شرایط زیر را داشتند، حذف می‌شدند: عدم رضایت آزمودنی‌ها و عدم تمایل به ادامه پژوهش، آسیب دیدگی و ایجاد درد در طول روند پژوهش. از بین جامعه آماری ۳۸ نفر در دو گروه مساوی (۱۹ نفر زن و ۱۹ نفر مرد) به‌عنوان نمونه آماری به صورت نمونه‌گیری در دسترس و هدفمند و با توجه به معیارهای ورود انتخاب شدند.

رعایت ملاحظات اخلاقی پژوهش توسط کمیته اخلاق دانشگاه شهید بهشتی بررسی و پس از تایید، کد اخلاق پژوهش حاضر با شناسه IR.SBU.REC.1400.088 مصوب گردید. ابتدا همه‌ی آزمودنی‌ها در جلسه توجیهی شرکت کرده و جزئیات روش کار برای آنها شرح داده شد و در صورت تمایل به شرکت داوطلبانه هر یک رضایت‌نامه شرکت در تحقیق را تکمیل نموده سپس اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریک و ثبت اطلاعات عمومی مورد نیاز انجام می‌گرفت. به منظور ارزیابی عملکرد عصبی عضلانی ورزشکاران از دستگاه الکترومایوگرافی^{۱۰} (EMG) مدل ME6000 ساخت شرکت Mega کشور فنلاند و الکترودهای سطحی نقره/کلرید نقره (Skin tact) با قطر ۲ سانتی‌متر، ساخت استرالیا و فاصله بین الکترودی ۲۰ میلی‌متر استفاده شد. همچنین با استفاده از یک دستگاه صفحه نیروسنج^{۱۱} (AMTI، آمریکا، ۲۰۰۰ هرتز) که با دستگاه الکترومایوگرافی هماهنگ‌سازی شده بود، لحظه برخورد پا با زمین تعیین شد. داده‌های EMG پس از همگام‌سازی دستگاه الکترومایوگرافی با سیستم تحلیل حرکت (نرم‌افزار کرتکس)^{۱۲} و در ادامه با استفاده از نرم‌افزار ماکا^{۱۳} استخراج گردید و از نرم‌افزار متلب^{۱۴} برای تحلیل داده‌ها استفاده شد. آماده کردن پوست برای چسباندن الکترودها شامل زدن موهای زاید و تمیز کردن ناحیه با الکل برای فراهم کردن سطحی مناسب برای اتصال الکترودها و کاهش مقاومت پوست انجام شد. برای تعیین محل الکترودها از لمس لندمارک‌های استخوانی و انقباض ایزومتریک استفاده شد. الکترودها مطابق پروتکل اروپایی SENIAM^{۱۵} نصب گردید (۳۰). تمامی داده‌های الکترومایوگرافی از پای برتر آزمودنی‌ها و با فرکانس نمونه‌برداری ۱۰۰۰ هرتز جمع‌آوری شد.

قبل از محاسبه فعالیت عضلات، حداکثر انقباض ایزومتریک هر ۳ عضله ثبت می‌شد. برای محاسبه حداکثر انقباض ایزومتریک عضلات چهارسران، شرکت‌کننده نشسته و زانو را در فلکشن ۹۰ درجه قرار می‌داد؛ آزمونگر با اعمال حداکثر مقاومت در بالای

¹⁰ Electromyography

¹¹ Force Plate

¹² Motion Analysis (Cortex Version 2.1)

¹³ Mokka

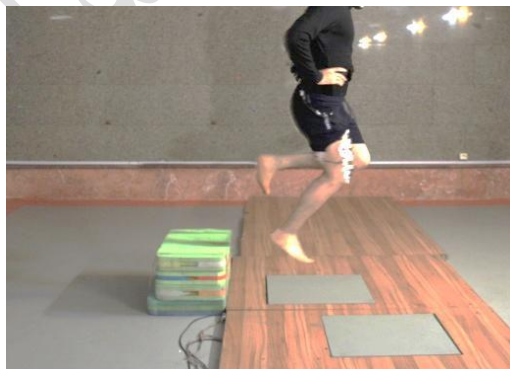
¹⁴ MATLAB

¹⁵ Surface Electromyography for Non-invasive Assessment of Muscles

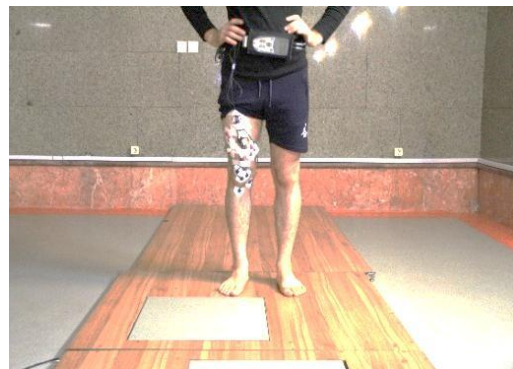
مچ پای شرکت کننده از وی می خواست تا حداکثر انقباض ایزومتریک عضلات را انجام دهد. برای محاسبه حداکثر انقباض ایزومتریک عضلات همسترینگ، شرکت کننده روی تخت در وضعیت دمر قرار گرفته و زانو در فلکشن ۲۰ الی ۳۰ درجه قرار داشت، سپس آزمونگر با اعمال حداکثر مقاومت در بالای مچ پای شرکت کننده از وی می خواست حداکثر انقباض ایزومتریک عضلات را انجام دهد. آزمون حداکثر انقباض ارادی ایزومتریک عضلات در هر شرکت کننده ۳ بار و هر بار به مدت ۵ ثانیه با فاصله ۱ دقیقه استراحت بین هر تکرار انجام شد (۳۱).

برای تعیین دقیق لحظه تماس پا با زمین حین حرکت فرود تک پا، هرگاه نیروی عمودی عکس العمل زمین به بیش از ۱۰ نیوتون می رسید، آن لحظه به عنوان زمان تماس اولیه پا با زمین در نظر گرفته می شد. برای محاسبه زمان شروع فعالیت عضلات، در ابتدا امواج یک سوپه شده و سه برابر انحراف استاندارد میزان فعالیت الکتریکی عضلات در خط زمینه به- عنوان آستانه آغاز فعالیت شناخته شد. هنگامی که فعالیت عضله به آستانه رسید و حداقل به مدت ۲۵ میلی ثانیه بالای سطح آستانه باقی ماند، این نقطه به عنوان زمان آغاز فعالیت در نظر گرفته شد (۳۲). میزان فعالیت فیدفوراردی عضلات در بازه زمانی ۳۰۰ میلی ثانیه قبل از برخورد پا با زمین، در نظر گرفته شد. میزان فعالیت فیدبکی عضلات نیز در بازه زمانی ۱۰۰ میلی ثانیه پس از برخورد پا با زمین محاسبه شد (۳۳). برای امکان مقایسه بین آزمودنی ها و نرمال کردن داده ها، مقادیر به دست آمده از محاسبه ریشه میانگین مربعات، به مقادیر به دست آمده از حداکثر انقباض ارادی^{۱۶} هر عضله تقسیم شد و میزان فعالیت عضلات به صورت درصدی از حداکثر انقباض ارادی در نظر گرفته شد (۳۳).

نحوه اجرای تکنیک فرود تک پا با پای برتر به شرح زیر بود: آزمودنی ها حرکت فرود تک پا را از روی سکوی ۳۰ سانتی متری انجام دادند (۳۴). به آزمودنی ها آموزش داده شد که بر روی مرکز صفحه نیرو فرود بیایند و تعادل خود را در هنگام فرود به مدت ۵ ثانیه حفظ کنند. در تمام تلاش ها آزمودنی حرکت فرود را با پای برتر انجام داد. پایی که فوتبالیست با آن شوت را انجام بدهد به عنوان پای غالب در نظر گرفته شد. بعد از انجام ۳ تلاش تمرینی، به محض اینکه آزمودنی تکلیف را فراگرفت از وی خواسته شد تا ۳ فرود اصلی را انجام دهد. فرودی به عنوان فرود موفق در نظر گرفته شد که در آن پای غالب به طور کامل بر روی صفحه نیرو بوده و فرد با پای دیگرش زمین را لمس نکند در غیر این صورت تلاش ناموفق تلقی می شد و فرد حرکت را تکرار می نمود. همه ی فرودها با پای برهنه انجام گرفتن و اطلاعات عملکرد عضلانی برای پای برتر ثبت شد. میانگین داده های به دست آمده از سه تلاش موفق فرد جهت تجزیه و تحلیل استفاده شد (۳۴).



تصویر ۲- حرکت فرود تک پا



تصویر ۱- آماده سازی ورزشکار

¹⁶ Maximum Contraction isometric Voluntary

یافته‌های پژوهش

ویژگی‌های توصیفی نمونه‌های تحقیق شامل قد، وزن، سن، شاخص توده بدنی و سابقه فعالیت به تفکیک جنسیت در جدول ۱ آورده شده است. به منظور بررسی توزیع طبیعی داده‌ها از آزمون کلموگروف اسمیرنوف استفاده شد که این آزمون نرمال بودن این توزیع را تأیید نمود ($p \geq 0/05$).

جدول ۱- ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها (میانگین \pm انحراف استاندارد)

تعداد آزمودنی	سن (سال)	وزن (کیلوگرم)	قد (سانتی‌متر)	شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)	سابقه فعالیت (سال)
۱۹	۲۰/۸۴ \pm ۲/۸۱	۵۵/۷۹ \pm ۵/۷۷	۱۶۴/۳۲ \pm ۵/۰۸	۲۰/۶۱ \pm ۱/۱۷	۵/۰۵ \pm ۰/۹۱
۱۹	۲۱/۵۸ \pm ۲/۶۷	۷۰/۸۹ \pm ۶/۵۹	۱۷۵/۱۶ \pm ۷/۲۱	۲۲/۸۲ \pm ۱/۷۷	۵/۹۴ \pm ۰/۸۸

در جدول ۲ میانگین، انحراف استاندارد و نتایج آزمون تی مستقل فعالیت عضلات چهارسر ران و همسترینگ در ۳۰۰ میلی ثانیه قبل و بعد از برخورد پا با زمین نشان داده شده است.

جدول ۲- نتایج آزمون تی مستقل برای مقایسه فعالیت فیدفوراردی و فیدبکی عضلات زنان و مردان (واحد: ندارد، درصدی از MVC است)

عضلات	آماره/متغیر	میانگین و انحراف استاندارد فعالیت عضلانی		T	p-value
		عضلانی			
		مرد (n=۱۹)	زن (n=۱۹)		
راست رانی	فعالیت فیدفوراردی	۵۱/۸۸ \pm ۵/۲۵	۶۰/۳۲ \pm ۶/۳۱	-۳/۹۸	*.۰/۰۰۱
	فعالیت فیدبکی	۶۵/۹۵ \pm ۱۰/۹۴	۷۱/۷۱ \pm ۱۱/۹۸	-۱/۳۸	.۰/۴۴
پهن خارجی	فعالیت فیدفوراردی	۲۹/۸۱ \pm ۵/۲۶	۳۶/۰۶ \pm ۹/۹۳	-۲/۹۷	*.۰/۰۳
	فعالیت فیدبکی	۴۸/۵۱ \pm ۷/۹۲	۵۲/۳۱ \pm ۸/۰۶	-۱/۲۱	.۰/۵۱
پهن داخلی	فعالیت فیدفوراردی	۳۵/۷۴ \pm ۷/۲۶	۴۴/۲۵ \pm ۱۰/۰۲	-۴/۳۶	*.۰/۰۱
	فعالیت فیدبکی	۳۷/۲۶ \pm ۸/۸۸	۴۲/۷۰ \pm ۹/۰۸	-۱/۷۵	.۰/۵۴
نیم وتری	فعالیت فیدفوراردی	۳۵/۹۶ \pm ۸/۵۱	۳۱/۵۳ \pm ۹/۵۴	۱/۳۴	.۰/۱۹
	فعالیت فیدبکی	۳۴/۸۱ \pm ۶/۴۴	۲۴/۵۴ \pm ۸/۱۹	۳/۶۲	*.۰/۰۰۱
دوسر رانی	فعالیت فیدفوراردی	۲۷/۱۲ \pm ۶/۹۶	۲۳/۴۷ \pm ۷/۵۳	۱/۵۱	.۰/۱۴
	فعالیت فیدبکی	۲۶/۹۰ \pm ۵/۶۴	۲۱/۳۹ \pm ۷/۳۳	۲/۳۰	*.۰/۰۲

نتایج آزمون تی مستقل در مورد زمان شروع فعالیت عضلات در دو گروه زنان و مردان فوتبالیست در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳: نتایج آزمون تی مستقل برای مقایسه زمان شروع فعالیت عضلات زنان و مردان (واحد: میلی ثانیه)

p-value	T	میانگین و انحراف استاندارد زمان شروع فعالیت		تعداد	جنسیت	عضلات
		فعالیت				
		مرد (n=۱۵)	زن (n=۱۵)			
۰/۵۸۷	-۰/۵۵	-۲۵۸/۶۸ ± ۳۱/۱۰	-۲۵۱/۶۶ ± ۳۸/۴۵	۱۵	زن	راست رانی
*۰/۰۰۱	۰/۵۷	-۲۴۳/۰۱ ± ۲۱/۳۸	-۲۱۰/۶۳ ± ۲۳/۹۶	۱۵	زن	پهن خارجی
۰/۶۹۸	-۰/۳۹	-۲۲۱/۸۹ ± ۲۸/۲۱	-۲۱۷/۶۸ ± ۳۰/۵۱	۱۵	زن	پهن داخلی
*۰/۰۰۶	-۰/۷۶	-۱۳۱/۶۸ ± ۲۱/۶۸	-۱۵۵/۹۱ ± ۲۳/۱۹	۱۵	زن	نیم وتری
۰/۲۵۴	۰/۸۸	-۱۴۰/۱۲ ± ۲۶/۹۶	-۱۵۱/۴۱ ± ۲۶/۱۷	۱۵	زن	دوسر رانی

* نشان دهنده تغییر معنادار در بین زنان و مردان

علامت منفی نشان دهنده آغاز فعالیت عضله قبل از برخورد پا با زمین در تکلیف فرود تک پا

همان طور که در جدول ۲ و ۳ از نتایج آزمون آماری ملاحظه می شود، تفاوت معناداری بین زنان و مردان فوتبالیست در فعالیت فیدفوراردی عضلات راست رانی، پهن داخلی، پهن خارجی، فعالیت فیدبکی عضلات نیم وتری و دو سر رانی حین اجرای حرکت فرود تک پا مشاهده شد. همچنین، فراخوانی عضلات نیم وتری زنان نسبت به مردان با تاخیر همراه بود و فعال شدن زود هنگام عضلات پهن خارجی زنان نسبت به مردان در هنگام حرکت فرود تک پا مشاهده شد. در حالی که بین فعالیت فیدفوراردی عضلات نیم وتری، دوسر رانی و فعالیت فیدبکی عضلات چهارسران در بین دو گروه زنان و مردان تفاوت معناداری گزارش نشد.

نتیجه گیری

هدف از مطالعه حاضر بررسی تفاوت های موجود در فراخوانی و میزان فعالیت الکترومایوگرافی عضلات راست رانی، پهن خارجی، پهن داخلی، نیم وتری و دو سر رانی در حین حرکت فرود تک پا در فوتبالیست های نخبه زن و مرد بود. بر اساس نتایج پژوهش حاضر بین فعالیت فیدفوراردی عضلات راست رانی ($P=۰/۰۰۱$)، پهن داخلی ($P=۰/۰۱$)، پهن خارجی ($P=۰/۰۳$)، فعالیت فیدبکی عضلات نیم وتری ($P=۰/۰۰۱$) و دو سر رانی ($P=۰/۰۲$) در زنان و مردان فوتبالیست نخبه تفاوت معناداری وجود داشت. فراخوانی عضلات نیم وتری زنان نسبت به مردان با تاخیر گزارش شد ($p=۰/۰۰۶$). همچنین فعال شدن زود هنگام عضلات پهن خارجی زنان، نسبت به مردان در هنگام حرکت فرود تک پا مشاهده شد ($p=۰/۰۰۱$). در حالی که بین فعالیت فیدفوراردی عضلات نیم وتری، دوسر رانی و فعالیت فیدبکی عضلات چهارسران در بین دو گروه زنان و مردان تفاوت معناداری گزارش نشد. همچنین، بین زمان شروع فعالیت عضلات راست رانی، پهن داخلی و دو سر رانی در زنان و مردان تفاوت معنی داری مشاهده نشد ($p \geq 0/05$).

بحث

مطالعات نشان داده‌اند ورزشکاران زن و مرد، هر دو در معرض آسیب رباط متقاطع قدامی هستند؛ از طرفی مانورهای ورزشی منجر به اعمال بارهای زیادی بر مفصل زانو در هر دو جنس می‌شود اما مشاهده شده که زنان در مقایسه با مردان بیشتر مستعد آسیب هستند (۱۶). کنترل پویای عضلانی مفصل زانو، به‌ویژه تفاوت در به‌کارگیری و فراخوانی عضلات و قدرت ممکن است تا حدودی مسئول نابرابری جنسیتی در بروز آسیب رباط متقاطع قدامی باشد. فعالیت عضلات در کنار نیروهای خارجی در حین فعالیت‌های پویا بسیار اهمیت دارد؛ عضلات می‌توانند بر اساس نحوه هماهنگ شدن، فعالیت و فراخوانی باعث ایجاد فشار یا کاهش فشار بر رباط زانو شوند (۳۵). اگر فشار یا بار برشی که توسط عضلات چهارسر ران اعمال می‌شود بزرگتر از فشار اعمال شده توسط عضلات همسترینگ باشد می‌تواند سبب جابجایی درشت‌نی به سمت جلو شده و در نهایت فشار بر روی رباط متقاطع قدامی افزایش می‌یابد (۳۶). موضوع بیان شده بیانگر تسلط عضلات چهارسر ران است که تحقیقات نشان داده‌اند این موضوع در زنان نسبت به مردان بیشتر است.

نتایج تحقیق نشان داد که فعالیت فیدفورواری عضلات چهارسر ران زنان به طور معناداری از مردان بیشتر است یعنی زنان دچار غلبه چهارسر ران هستند که با نتایج برخی از پژوهش‌های گذشته هم‌راستا بود (۲۶، ۳۷). همچنین رزی و همکاران گزارش کردند که فعالیت عضلات پهن خارجی در زنان نسبت به مردان در حرکت قبل از فرود پا بیشتر بوده است (۲۴). از طرفی، برخی از پژوهشگران گزارش کردند که در فعالیت فیدفورواری و فیدبکی عضلات چهارسر ران و همسترینگ در دو گروه زنان و مردان تفاوتی وجود ندارد (۲۳، ۲۷، ۲۸). مطالعات گزارش کردند فعالیت عضلات همسترینگ به‌طور معناداری در مردان بیشتر است به این معنی که مردان نسبت به زنان دارای غلبه همسترینگ هستند (۲۲، ۳۸). همچنین برخی شواهد نشان می‌دهد که زنان، در مقایسه با مردان، در حین حرکات برش (۳۹) و دویدن (۴۰) فعالیت همسترینگ کمتری دارند. چاپل و همکاران گزارش کردند که فعالیت بیشتر عضلات همسترینگ در زنان در مقایسه با مردان در مرحله قبل از تماس پا با صفحه نیرو نشان داده شده است (۴۱).

چگونگی و زمان فعال شدن عضلات چهارسر رانی و همسترینگ، بر توانایی زانو در بهینه کردن میزان سفتی مفصل، جذب و پراکنده کردن نیروهای وارده به آن تأثیرگذار بوده و از این طریق از آسیب ACL جلوگیری می‌کند (۴۲). تاخیر در شروع فعالیت عضلات همسترینگ و در نتیجه زود فعال شدن عضلات چهارسر رانی باعث می‌شود که فلکشن هم‌زمان ران و زانو دچار مشکل شود. بدین ترتیب ران خم شده اما خم شدن زانو آهسته‌تر از ران انجام می‌شود و درشت‌نی در معرض جابجایی قدامی قرار می‌گیرد. این جابجایی تنها به‌وسیله ACL کنترل خواهد شد. بنابراین در صورتی که به طور موقتی زمان‌بندی مناسبی جهت فعال شدن عضلات وجود نداشته باشد تا در برابر انتقال قدامی درشت‌نی مقاومت کند، ACL در معرض ورود بارهای بیش از حد قرار می‌گیرد (۲۶) که می‌تواند به عنوان یکی از مکانیسم‌های آسیب ACL در نظر گرفته شود. الگوی فراخوانی و زمان شروع فعالیت عضلات در زنان و مردان متفاوت گزارش شده است، آندرسون^{۱۷} و همکاران گزارش کردند که افراد دارای غلبه عضلات چهارسر ران فعال شدن زود هنگام عضلات چهارسر ران را به وضوح نشان می‌دهند و فعال شدن زود هنگام این عضلات سبب خم شدن اندک زانو و والگوس بیشتر زانو در هنگام فرود می‌گردد (۴۳). نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش آندرسون هم‌راستا بود که در آن زنان علاوه بر اینکه غلبه عضلات چهارسر ران را نشان دادند، عضلات پهن خارجی خود را نسبت به مردان زودتر فعال کردند (۴۳). ایبن و همکاران برخلاف نتایج پژوهش حاضر گزارش کردند که زمان آغاز فعالیت عضلات پهن خارجی و پهن داخلی در مردان زودتر از زنان بود. تفاوت این نتایج می‌تواند مربوط به نحوه اندازه‌گیری زمان

¹⁷ Anderson

شروع فعالیت عضله باشد؛ ایبن و همکاران زمان آغاز فعالیت عضله را از لحظه‌ای که فعالیت عضله از ۱۵۰٪ فعالیت زمینه فراتر می‌رفت در نظر گرفتند، اما در مطالعه حاضر نقطه‌ای که فعالیت آن از فعالیت زمینه‌ای به اضافه سه برابر انحراف استاندارد فراتر می‌رفت و حداقل به مدت ۲۵ میلی‌ثانیه بالای این سطح باقی می‌ماند به‌عنوان نقطه شروع در نظر گرفته شد (۲۲). کولینگ^{۱۸} و همکاران برخلاف نتایج پژوهش ایبن و همکاران و نتایج تحقیق حاضر یافتند که مردان نسبت به زنان دارای تأخیر در فعالیت عضلات نیم وتری هستند (۲۷).

وجود نتایج متناقض می‌تواند ناشی از نوع رشته ورزشی افراد مورد مطالعه در پژوهش، سطح آمادگی جسمانی و تعداد آزمودنی باشد. بررسی پژوهش‌های مرتبط گذشته نشان داد که تعداد نمونه‌های مورد مطالعه در دو گروه زن و مرد در نیمی از تحقیقات حدود ۱۰ نفر (۲۳، ۲۵، ۲۷، ۲۸) و در نیمی دیگر حدود ۱۵ نفر بوده است (۱۴، ۲۲، ۲۴، ۴۴). بنابراین می‌توان بیان کرد که تعداد کم آزمودنی‌ها می‌تواند از دلایلی باشد که تناقضات در نتایج پژوهش‌ها را بیان کند و پژوهش حاضر سعی داشته است با در نظر گرفتن تعداد آزمودنی‌های بیشتر و همچنین با در نظر گرفتن بازیکنان نخبه، فعالیت الکترومیوگرافی عضلات چهارسران و همسترینگ را در جامعه فوتبالیست‌ها بررسی کند.

با توجه به نتایج پژوهش حاضر و مطالعات گذشته، می‌توان دریافت فعالیت عضلات همسترینگ به حفظ ثبات مفصل زانو و پیشگیری از آسیب ACL خصوصاً در زنان نسبت به مردان کمک می‌کند (۳۹). با این حال انجام پژوهش حاضر دارای چندین محدودیت احتمالی بود که امیدواریم در پژوهش‌های آینده محققین در این زمینه مرتفع شوند. یکی از موارد مهم ایجاد کننده محدودیت به تاثیر همه‌گیری ویروس کرونا بر شرایط، شدت و میزان تمرین ورزشکاران اشاره کرد، در این شرایط، جلسات تمرینی تیم‌های ورزشی کاهش داشته و ارزیابی فعالیت عضلانی از ورزشکارانی صورت گرفت که احتمالاً شدت و میزان تمرین متفاوتی را در برنامه جاری خود داشتند. یکی دیگر از موارد محدودیت این بود که در مطالعه حاضر، تنها فعالیت عضلات چهار سران و همسترینگ نمونه‌های تحقیق مورد بررسی قرار گرفت، با توجه به ارزیابی‌های پالوت و دسترسی نداشتن به دستگاه الکترومیوگرافی وایرلس (بدون سیم)، ارزیابی فعالیت عضلات نعلی و دوقلو باعث ایجاد اختلال در داده‌های کلی شده و به همین دلیل از پژوهش حذف گردید. همچنین، پژوهش حاضر به بررسی و ارزیابی تفاوت‌های بیومکانیکی زنان و مردان فوتبالیست و همچنین اثر ارتفاع متفاوت فرود با توجه به توانایی حرکتی فرد نپرداخت (۴۵). با توجه به اینکه مطالعات متفاوتی در این زمینه انجام شده‌است، بنابراین به سایر محققان پیشنهاد می‌شود برای بدست آوردن نتایج دقیق‌تر، همزمان بررسی فعالیت الکترومیوگرافی، تفاوت‌های بیومکانیکی در فوتبالیست‌های حرفه‌ای زن و مرد (با در نظر گرفتن تمامی عضلات تاثیرگذار و در تسک‌های مختلف) انجام شود.

منابع:

1. Zarei M, Seyedi MR. The Effect of the FIFA 11+ Warm-Up Program on Injury Prevention in Soccer Players: A Systematic Review. *Journal of Exercise Science and Medicine*. 2016 Oct 22;8(2):229-47. [Persian].
2. Dvorak J, Junge A, Grimm K, Kirkendall D. Medical report from the 2006 FIFA world cup Germany. *British journal of sports medicine*. 2007;41(9):578-81.
3. Beynnon BD, Johnson RJ, Abate JA, Fleming BC, Nichols CE. Treatment of anterior cruciate ligament injuries, part I. *The American journal of sports medicine*. 2005;33(10):1579-602.

¹⁸ Cowling

4. Jamison ST, Pan X, Chaudhari AM. Knee moments during run-to-cut maneuvers are associated with lateral trunk positioning. *Journal of biomechanics*. 2012;45(11):1881-5.
5. Besier TF, Lloyd DG, Cochrane JL, Ackland TR. External loading of the knee joint during running and cutting maneuvers. *Medicine and science in sports and exercise*. 2001;33(7):1168-75.
6. Anderson MJ, Browning III WM, Urband CE, Kluczynski MA, Bisson LJ. A systematic summary of systematic reviews on the topic of the anterior cruciate ligament. *Orthopaedic journal of sports medicine*. 2016;4(3):2325967116634074.
7. Griffin LY, Agel J, Albohm MJ, Arendt EA, Dick RW, Garrett WE, et al. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2000;8(3):141-50.
8. Seyedi, M., Rajabi, R., Shirzad, E., Zareei, M. Comparison of High-Risk Movement Patterns of ACL Injury in Male and Female Adolescent Soccer Players During Cutting Maneuver. *Studies in Sport Medicine*, 2016; 8(19): 77-94. doi: 10.22089/smj.2016.894. [Persian]
9. Palmieri-Smith RM, Wojtys EM, Ashton-Miller JA. Association between preparatory muscle activation and peak valgus knee angle. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2008;18(6):973-9.
10. Borghuis J, Hof AL, Lemmink KA. The importance of sensory-motor control in providing core stability. *Sports medicine*. 2008;38(11):893-916.
11. Hewett TE, Ford KR, Hoogenboom BJ, Myer GD. Understanding and preventing acl injuries: current biomechanical and epidemiologic considerations-update 2010. *North American journal of sports physical therapy: NAJSPT*. 2010;5(4):234.
12. Shultz SJ, Perrin DH, Adams JM, Arnold BL, Gansneder BM, Granata KP. Assessment of neuromuscular response characteristics at the knee following a functional perturbation. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2000;10(3):159-70.
13. Huston LJ, Vibert B, Ashton-Miller JA, Wojtys EM. Gender differences in knee angle when landing from a drop-jump. *The American journal of knee surgery*. 2001;14(4):215-9; discussion 9.
14. Walsh M, Boling MC, McGrath M, Blackburn JT, Padua DA. Lower extremity muscle activation and knee flexion during a jump-landing task. *Journal of athletic training*. 2012;47(4):406-13.
15. Renström P, Arms S, Stanwyck T, Johnson R, Pope M. Strain within the anterior cruciate ligament during hamstring and quadriceps activity. *The American journal of sports medicine*. 1986;14(1):83-7.
16. Hewett TE. Neuromuscular and hormonal factors associated with knee injuries in female athletes. *Sports medicine*. 2000;29(5):313-27.
17. Griffin LY, Albohm MJ, Arendt EA, Bahr R, Beynon BD, DeMaio M, et al. Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: a review of the Hunt Valley II meeting, January 2005. *The American journal of sports medicine*. 2006;34(9):1512-32.
18. Brophy R, Silvers HJ, Gonzales T, Mandelbaum BR. Gender influences: the role of leg dominance in ACL injury among soccer players. *British journal of sports medicine*. 2010;44(10):694-7.
19. Hewett TE, Stroupe AL, Nance TA, Noyes FR. Plyometric training in female athletes: decreased impact forces and increased hamstring torques. *The American journal of sports medicine*. 1996;24(6):765-73.
20. Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Rationale and clinical techniques for anterior cruciate ligament injury prevention among female athletes. *Journal of athletic training*. 2004;39(4):352.
21. Zebis MK, Andersen LL, Brandt M, Myklebust G, Bencke J, Lauridsen HB, et al. Effects of evidence-based prevention training on neuromuscular and biomechanical risk factors for ACL injury in adolescent female athletes: a randomised controlled trial. *British journal of sports medicine*. 2016;50(9):552-7.

22. Ebben WP, Fauth ML, Petushek EJ, Garceau LR, Hsu BE, Lutsch BN, et al. Gender-based analysis of hamstring and quadriceps muscle activation during jump landings and cutting. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010;24(2):408-15.
23. Garrison JC, Hart JM, Palmieri RM, Kerrigan DC, Ingersoll CD. Lower extremity EMG in male and female college soccer players during single-leg landing. *Journal of sport rehabilitation*. 2005;14(1):48-57.
24. Rozzi SL, Lephart SM, Gear WS, Fu FH. Knee joint laxity and neuromuscular characteristics of male and female soccer and basketball players. *The American journal of sports medicine*. 1999;27(3):312-9.
25. Urabe Y, Kobayashi R, Sumida S, Tanaka K, Yoshida N, Nishiwaki GA, et al. Electromyographic analysis of the knee during jump landing in male and female athletes. *The Knee*. 2005;12(2):129-34.
26. Zazulak BT, Ponce PL, Straub SJ, Medvecky MJ, Avedisian L, Hewett TE. Gender comparison of hip muscle activity during single-leg landing. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2005;35(5):292-9.
27. Cowling EJ, Steele JR. Is lower limb muscle synchrony during landing affected by gender? Implications for variations in ACL injury rates. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2001;11(4):263-8.
28. Pourmahmoudian, P., Minoonejad, H. Differences in quadriceps and hamstring activity between male and female volleyball players during jump-landing. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*, 2016; 5(1): 31-40. doi: 10.22037/jrm.2016.1100170. [Persian].
29. Minoonejad H, Karimizadeh Ardakani M, Bayattork M. Comparison of lower extremity electromyography activity between male and female athletes in the Jump-landing tasks: A systematic review. *Razi Journal of Medical Sciences*. 2020 Oct 10;27(8):168-81.
30. Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of electromyography and Kinesiology*. 2000;10(5):361-74.
31. Swanik CB, Lephart SM, Giraldo JL, DeMont RG, Fu FH. Reactive muscle firing of anterior cruciate ligament-injured females during functional activities. *Journal of athletic training*. 1999;34(2):121.
32. Hodges PW, Bui BH. A comparison of computer-based methods for the determination of onset of muscle contraction using electromyography. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/Electromyography and Motor Control*. 1996;101(6):511-9.
33. Letafatkar A, Rajabi R, Ebrahimi Tekamejani E, Minoonejad H. Effects of perturbation training on quadriceps and hamstring electromyographic ratios. *Koomesh*. 2014; 15 (4) :469-481. [Persian]
34. Robbins JE, Rosenfeld LB. Athletes' perceptions of social support provided by their head coach, assistant coach, and athletic trainer, pre-injury and during rehabilitation. *Journal of Sport Behavior*. 2001;24(3):277.
35. Colby S, Francisco A, Bing Y, Kirkendall D, Finch M, Garrett W. Electromyographic and kinematic analysis of cutting maneuvers: implications for anterior cruciate ligament injury. *The American journal of sports medicine*. 2000;28(2):234-40.
36. Pappas E, Zampeli F, Xergia SA, Georgoulis AD. Lessons learned from the last 20 years of ACL-related in vivo-biomechanics research of the knee joint. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2013;21(4):755-66.
37. Sigward SM, Powers CM. The influence of gender on knee kinematics, kinetics and muscle activation patterns during side-step cutting. *Clinical biomechanics*. 2006;21(1):41-8.
38. Huston LJ, Wojtys EM. Neuromuscular performance characteristics in elite female athletes. *The American journal of sports medicine*. 1996;24(4):427-36.

39. Malinzak RA, Colby SM, Kirkendall DT, Yu B, Garrett WE. A comparison of knee joint motion patterns between men and women in selected athletic tasks. *Clinical biomechanics*. 2001;16(5):438-45.
40. Landry SC, McKean KA, Hubley-Kozey CL, Stanish WD, Deluzio KJ. Neuromuscular and lower limb biomechanical differences exist between male and female elite adolescent soccer players during an unanticipated side-cut maneuver. *The American journal of sports medicine*. 2007;35(11):1888-900.
41. Chappell JD, Yu B, Kirkendall DT, Garrett WE. A comparison of knee kinetics between male and female recreational athletes in stop-jump tasks. *The American journal of sports medicine*. 2002;30(2):261-7.
42. Baratta R, Solomonow M, Zhou B, Letson D, Chuinard R, D'ambrosia R. Muscular coactivation: the role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. *The American journal of sports medicine*. 1988;16(2):113-22.
43. Anderson AF, Dome DC, Gautam S, Awh MH, Rennert GW. Correlation of anthropometric measurements, strength, anterior cruciate ligament size, and intercondylar notch characteristics to sex differences in anterior cruciate ligament tear rates. *The American journal of sports medicine*. 2001;29(1):58-66.
44. Youdas JW, Hollman JH, Hitchcock JR, Hoyme GJ, Johnsen JJ. Comparison of hamstring and quadriceps femoris electromyographic activity between men and women during a single-limb squat on both a stable and labile surface. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2007;21(1):105.
45. Shokrian, F., Khezri, D., Matinhomae, H., Fatahi, A. Comparison of Dynamic Parameters of Landing from Different Heights of Professional Elite Volleyball Players. *Journal of Advanced Sport Technology*, 2022; 6(1): 9-18. doi: 10.22098/jast.2022.1660 [Persian].