Sport Medicine Studies **Volume 15, No 36, 2023, Page 17-38**

Research Paper

Comparison of Electromyographic Activity of Quadriceps and Hamstrings of Elite Male and Female Soccer Players during Single-Leg Landing Movement

S. Dadgar[1], M. Zarei [2], M. R. Seyedi[3]

1. MA 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, Department of Sports Medicine, Sport Sciences Research Institute,Tehran, Iran (Corresponding Author)

Received Date: 2022/01/30 **Accepted Date: 2022/09/19**

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 research sample included 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 male and female 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). In addition, 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

1. Email: saradadgar3099@gmail.com
2. Email: zareeimostafa@yahoo.com
3. Email: seyedi@ut.ac.ir

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

Extended Abstract

Background and Purpose

Due to the issue that ACL injury is associated with disability and wasted time in athletes and imposes a lot of financial costs on athletes and their sports teams, nowadays a special attention is paid to the identification of injury risk factors and non-collision injury mechanisms have been developed to prevent it more effectively. Various factors play a role in ACL injury; Researchers have mentioned neuromuscular function as one of the most important risk factors for ACL injury. In order to provide joint stability and prevent injury to the passive stabilizer elements of the joint (such as mechanical role of ACL) which do not have the structural ability to deal with such high-level forces, appropriate and well-timed muscle activity is necessary.

It is well established that female athletes compared to males, have individual neuromuscular strategies and it will have greater risk of ACL injury in knee joint movement patterns. The review of literature showed that studies on the difference in evoking, the amount of feedforward and feedback activity of the hamstrings and quadriceps muscles in women and men, and especially in professional soccer athletes, obtained different results and were ambiguous. Therefore, the present study aimed to compare the electromyographic activity of the quadriceps and hamstring muscles of female and male professional soccer players in the single-leg drop (landing) movement.

Materials and Methods

The research sample consisted of 38 professional soccer players of Tehran province (19 women and 19 men). The subjects should have at least three years of previous team activity in the soccer. Other inclusion criteria were: age range of 18 to 23 years, participation in the soccer league of Tehran province, having at least two training sessions per week (according to the conditions of Corona), having a normal body mass index and general health. Moreover, during the research, if any of the subjects had the following conditions, they were omitted: lack of satisfaction and unwillingness to continue the research, inappropriate collaboration during the research, injury and pain during the process of research. The electromyographic activity of quadriceps and hamstring muscles of subjects was measured during the single-leg drop (landing) test. In order to compare the muscle activity and the start time of the quadriceps and hamstring muscles of men and women, independent t-test was used.

Findings

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

Individual characteristics of subjects (mean ± standard deviation)

Gender	Number of subjects	Age (year)	Weigh (kg)	Height (cm)	Body mass index (Kilograms Per Square Meter)	Activity background (year)
Female	19	20/84±2/81	55/79±5/77	164/32±5/08	20/61±1/17	5/05±0/91
Male	19	21/58±2/67	70/89±6/59	175/16±7/21	22/82±1/77	5/94±0/88

The findings showed that there was a significant difference between the feedforward activity of the Rectus femoris muscles (P=0.001), Vastus medialis (P=0.01), Vastus lateralis (P=0.03), and the feedback activity of the semitendinosus muscles among professional male and female soccer players (P=0.001). It was reported that women's semitendinosus muscle evocation was delayed compared to men's (p=0.006). Further, early evocation of Vastus lateralis muscles of women was observed compared to men during single-leg drop movement (p=0.001). While there was no significant difference reported between the feedforward activity of the semitendinosus, biceps femoris muscles and the feedback activity of the quadriceps muscles between the two groups of men and women. Moreover, there was no significant difference between the start time of the Rectus femoris, latissimus dorsi and biceps femoris muscles in males and females ($p \geq 0.05$).

Discussion and Conclusion

The relationship between hamstrings and quadriceps with ACL is clear. Hamstring muscles act as ACL agonists by reducing tibia anterior displacement and internal rotation during motor. The quadriceps muscles cause a significant tibia anterior displacement, and as a result, the strong impression forces of quadriceps lead to severe ACL injury. Therefore, hamstrings and quadriceps are synergists and antagonists of ACL, respectively (1). The results of the research showed that the feedforward activity of the quadriceps muscles of women is significantly higher than men; that is, women have a dominance of quadriceps, which was in line with the results of some past studies (26, 38). On the other hand, some researchers reported that there is no difference in the feedforward and feedback activity of the quadriceps and hamstring muscles in the two groups of men and women (2). Studies reported that hamstring muscle activity is significantly higher in men, meaning that men have hamstring dominance compared to women (3).

How and when the quadriceps and hamstring muscles are activated was effective on the ability of the knee to optimize the stiffness of the joint, absorption and disperse of forces applied to it, and in this way prevents ACL injury. The delay in

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

starting the activity of the hamstring muscles as a result of early activation of the quadriceps muscles causes the simultaneous flexion of hip and knee difficultly. In this way, the hip is bent, but the knee bends slower than hip and the tibia is exposed to anterior displacement. This displacement will be controlled only by ACL. The results of the present study were in line with those of Anderson's study, in which women, in addition to showing the dominance of quadriceps muscles, activated their Vastus-lateralis muscles earlier than men. Contrary to the results of the present study, Ibn et al. reported that the start time of the Vastus-lateralis and Vastus-medialis muscles was earlier in men than in women. The difference between these results can be related to the way of measuring the time of starting muscle activity. In contrast to the results of Ibn et al. and those of the present study,Cowling et al. found that men have a delay in the activity of the semitendinosus muscles compared to women.

The existence of conflicting results can be caused by the type of sport of the participants studied in the research, the level of physical fitness and the number of subjects. Therefore, it can be stated that the short number of subjects can be one of the reasons that explain the contradictions of research results; the present study tried to investigate the electromyography activity of quadriceps and hamstring muscles among the soccer players by considering the number of subjects as well as professional players. According to the findings of the present study and previous studies, it can be concluded that the activity of the hamstring muscles helps to maintain the stability of the knee joint and prevent ACL injury, especially in women (4,5).

Keywords: ACL injury, Electromyographic Activity, Single-Legged Landing

References

1. 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.
2. 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].
3. 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.
4. 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]

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

5. 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.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

مطالعات طب ورزشی دوره ۱۵، شماره ۳۶، تابستان ۱۴۰۲. صص ۳۸-۱۷

مقالهٔ پژوهشی

مقایسهٔ فعالیت الکترومایوگرافی عضلات چهارسرران و همسترینگ در بازیکنان نخبهٔ فوتبال زن و مرد حین حرکت فرود تک‌پا

سارا دادگر[1]، مصطفی زارعی[2]، محمدرضا سیدی[3]

۱. کارشناسی ارشد آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، گروه تندرستی و بازتوانی در ورزش دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۲. دانشیار گروه تندرستی و بازتوانی در ورزش، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۳. استادیار گروه طب ورزشی، پژوهشکده علوم زیستی ورزش، پژوهشگاه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

تاریخ ارسال ۱۴۰۰/۱۱/۱۰ تاریخ پذیرش ۱۴۰۱/۰۶/۲۸

چکیده

هدف مطالعه 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. برای مقایسه فعالیت عضلانی فعالیت عضلانی فیدبکی و فیدفورواردی عضلات چهارسرران و همسترینگ زنان و مردان از آزمون آماری تی مستقل استفاده شد. یافته‌ها نشان داد، بین فعالیت فیدفورواردی 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 دوسررانی (P=۰/۰۲) در زنان و مردان فوتبالیست نخبه تفاوت معناداری وجود داشت. فراخوانی عضلات نیم‌وتری زنان در مقایسه با مردان با تأخیر گزارش شد (P=۰/۰۰۶). همچنین فعال‌شدن زودهنگام عضلات پهن خارجی زنان در مقایسه با مردان هنگام حرکت فرود تک‌پا مشاهده شد (P=۰/۰۰۱). نتایج مطالعه حاضر نشان داد، فعالیت فیدفورواردی بیشتر عضلات چهارسر زنان، تأخیر در شروع فعالیت عضلات نیم‌وتری و فعال‌شدن زودهنگام عضلات پهن خارجی در زنان در مقایسه با مردان، در تکلیف فرود تک‌پا، زنان را مستعد آسیب بیشتر رباط متقاطع قدامی می‌کند؛ بنابراین می‌توان بیان کرد که یکی از دلایل آسیب رباط متقاطع قدامی در زنان، وجود نقص‌هایی در سیستم کنترل نروماسکولار

1. Email: saradadgar3099@gmail.com
2. Email: zareeimostafa@yahoo.com
3. Email: seyedi@ut.ac.ir

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

آن‌ها است؛ درنتیجه، تقویت و بهبود سیستم عصبی-عضلانی عضلات همسترینگ، به‌ویژه در زنان به‌منظور پیشگیری از آسیب رباط متقاطع قدامی توصیه می‌شود.

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 حدود ۱۰ تا ۳۵ آسیب در هر ۱۰۰۰ ساعت مسابقه تخمین زده شده است (۲). یکی از مهم‌ترین آسیب‌ها در فوتبالیست‌ها، پارگی لیگامان متقاطع قدامی[1] (ACL) است (۳). نتایج تحقیقات نشان داده است، حدود ۷۰ درصد از آسیب های ACL ناشی از مکانیسم‌های غیربرخوردی است (۴). بیشتر آسیب‌های ACL حین فرود یا حرکات ورزشی پرخطر مانند مانور برش در مرحله میانی سکون (۵) کاهش ناگهانی شتاب[2] و تغییر جهت با سرعت زیاد برای فرار از روبه‌روشدن با مدافع روی می‌دهد (۶).

با توجه به اینکه آسیب ACL با ناتوانی و زمان ازدست‌رفته[3] 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 غیربرخوردی این رباط به‌منظور پیشگیری مؤثرتر از آن شده 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 ریسک‌فاکتورهای بروز آسیب ACL ذکر کرده‌اند. به‌منظور تأمین ثبات مفصل و پیشگیری از آسیب به عناصر ثبات‌دهندهٔ غیرفعال مفصل (همچون نقش مکانیکیACL) که توان ساختاری مقابله با چنین نیروهای سطح بالایی را ندارند، فعالیت به‌موقع و مناسب عضلانی، ضروری و واجب است؛ درنتیجه به سیستم کنترل‌کننده‌ای (سیستم کنترل عصبی-عضلانی) نیاز است که با تنظیم

1. Anterior Cruciate Ligament
2. Deceleration
3. Time loss

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

دقیق زمانی و میزان فعالیت و هماهنگی فعالیت عضلانی، از آسیب پیشگیری کند (۹). بورگویز[1] 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)؛ درنتیجه عملکرد نامناسب عضلات اطراف زانو می‌تواند بر ثبات آن تأثیر بگذارد و مفصل را مستعد آسیب کند (۷).

فعالیت عضلانی و زمان‌بندی مناسب عضلات چهارسررانی و همسترینگ نقش درخورتوجهی در ایجاد ثبات در مفصل زانو بر عهده دارد (۱۱). کاهش ثبات فعال مفصل به افزایش تکیه بر ساختارهای غیرفعال آن منجر می‌شود و شرایط را برای آسیب ACL فراهم می‌کند. ثبات غیرفعال عموماً در زمان خاصی بروز می‌کند؛ مانند زمانی که عضلات چهارسررانی و همسترینگ هیچ‌کدام فعال نمی‌شوند، در سطح کم فعال می‌شوند یا زمانی که به‌علت واردشدن اغتشاش ناگهانی، به‌طور رفلکسی خاموش باشند (۱۲). گزارش شده است که فعالیت شدید عضلات چهارسرران سبب تولید نیروی برشی قدامی برای آسیب ACL در زوایای پایین فلکشن زانو شده است (۱۴، ۱۳). رنستورم[2] و همکاران بیان کردند، عضلات همسترینگ تأثیر محافظتی بر ACL دارند (۱۵) و این عضلات از طریق مقاومت در برابر نیروهای جلو برنده استخوان درشت‌نی، ثبات داینامیک زانو را تأمین می‌کنند (۱۶، ۱۳).

مطالعات نشان داده‌اند، زنان ورزشکار دو تا ده برابر بیشتر از مردان ورزشکار درمعرض آسیب ACL قرار می‌گیرند و به لحاظ الگوی حرکتی نیز متفاوت عمل می‌کنند (۱۸، ۱۷، ۸، ۷). زنان ورزشکار طی فعالیت‌های ورزشی، نقص‌های کنترل عصبی-عضلانی را نشان می‌دهند که موجب افزایش بارهای مفاصل اندام تحتانی می‌شوند (۱۹). نقص‌های عصبی-عضلانی به‌عنوان اختلال در قدرت عضلانی، توان یا الگوهای فعال‌سازی که به افزایش بارهای مفصل زانو و ACL منجر می‌شوند، تعریف شده‌اند (۲۰). سیدی و همکاران با مقایسه الگوی حرکتی اجرای حرکت برش در فوتبالیست‌های نوجوان دختر و پسر نشان دادند، زنان ورزشکار در مقایسه با مردان ورزشکار، استراتژی‌های عصبی-عضلانی مجزا دارند؛ ازاین‌رو در الگوهای حرکتی مفصل زانو، خطر بیشتری برای آسیب ACL وجود دارد (۲۱، ۸). ایبن[3] و همکاران فعالیت بیشتر عضلات همسترینگ را در مردان در مقایسه با زنان حین حرکت فرود گزارش کردند (۲۲)، اما بعضی از محققان تفاوت معناداری را بین فعالیت الکترومایوگرافی عضلات

1. Borghuis
2. Renstrom
3. Ebben

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

اندام تحتانی زنان و مردان (۲۳) گزارش نکردند و از طرفی، رزی[1] و همکاران فعالیت بیشتر عضلات همسترینگ را در زنان گزارش کردند (۲۴). برخی پژوهش‌ها فعالیت بیشتر در عضله چهارسررانی را در زنان حین حرکت فرود در مقایسه با مردان گزارش کردند (۲۶، ۲۵)، اما گریسون[2] و همکاران تفاوت معناداری را در فعالیت عضلات راست رانی بین دو جنس نیافتند. همچنین در زمان‌بندی و فراخوانی فعالیت عضلات اندام تحتانی بین دو جنس نتایج متفاوت بود (۲۳). ایبن و همکاران، نبود تفاوت معنادار در زمان‌بندی عضلات همسترینگ و فعال‌شدن سریع‌تر عضلات پهن خارجی و پهن داخلی را در مردان در مقایسه با زنان گزارش کردند (۲۲)؛ درحالی‌که کولینگ[3] و همکاران تأخیر در آغاز فعالیت عضلات نیم وتری مردان را در مقایسه با زنان گزارش کردند (۲۷). محمودیان و مینونژاد گزارش کردند، مقدار فعالیت فیدفورواردی عضلات چهارسررانی در زنان به‌طور معناداری بیشتر از مردان بود و در میزان فعالیت همسترینگ بین زنان و مردان تفاوت معناداری وجود نداشت (۲۸). در برخی از تحقیقات تأخیر در شروع فعالیت عضله نیم‌غشایی مردان، طی حرکت فرود در مقایسه با زنان ورزشکار گزارش شده است (۱۵). می‌توان بیان کرد که آگاهی از زمان آغاز فعالیت و نسبت نیروهای عضلانی در اندام تحتانی به‌صورت فیدفورواردی و فیدبکی حین اجرای حرکاتی مانند فرود، پرش فرود و برش برای 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 به‌منظور پیشگیری از آسیب رباط متقاطع قدامی طراحی کرد (۲۹).

پیشینه تحقیق نشان داد، مطالعات در زمینه تفاوت فراخوانی، میزان فعالیت فیدفورواردی و فیدبکی عضلات همسترینگ و چهارسرران در زنان و مردان و به‌طور ویژه ورزشکاران نخبه رشته فوتبال، نتایج متفاوتی را گزارش کرده‌اند و ابهام دارند؛ ازاین‌رو هدف پژوهش حاضر، مقایسه فعالیت الکترومایوگرافی عضلات چهارسر و همسترینگ زنان و مردان فوتبالیست نخبه حین حرکت فرود تک‌پا بود.

روش پژوهش

با توجه به اینکه تحقیق حاضر مقایسه فعالیت الکترومایوگرافی عضلات زانو فوتبالیست‌های نخبه زن و مرد را بررسی کرد، روش تحقیق از نوع علّی-مقایسه‌ای بود. جامعهٔ آماری تحقیق فوتبالیست‌های نخبه مرد و زن اســتان تهران بودند که شرایط ورود به تحقیق را داشتند. معیارهای ورود آزمودنی‌ها

1. Rozzi
2. Garrison
3. Cowling

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

به پژوهش حاضر عبارت بودند از: داشتن حداقل سه سال سابقهٔ فعالیت تیمی در رشتهٔ فوتبال، دامنهٔ سنی ۱۸ تا ۲۳ سال، حضور در لیگ فوتبال استان تهران، داشتن حداقل دو جلسه تمرین در هفته (با توجه به شیوع ویروس کرونا)، داشتن شاخص تودهٔ بدنی نرمال، دارابودن سلامت عمومی و نبود آسیب قبلی یا جراحی یا پارگی لیگامان‌های زانو در اندام تحتانی در شش ماه گذشته که از طریق فرم سابقه پزشکی توسط شرکت‌کنندگان بررسی شد و همچنین نبود ناهنجاری مشهود در اندام تحتانی. ورزشکارانی که در پست دروازه‌بانی مشغول بودند، با توجه به تفاوت ماهیتی تمرینات و عملکرد ورزشی ارزیابی قرار نشدند. همچنین در طول تحقیق درصورتی‌که هرکدام از آزمودنی‌ها شرایط زیر را داشتند، حذف می‌شدند: رضایت‌نداشتن آزمودنی‌ها و تمایل‌نداشتن به ادامهٔ پژوهش، آسیب‌دیدگی و ایجاد درد در طول روند پژوهش. از بین جامعهٔ آماری، ۳۸ نفر در دو گروه مساوی (۱۹ نفر زن و ۱۹ نفر مرد) به‌عنوان نمونهٔ آماری به صورت نمونه‌گیری دردسترس و هدفمند و با توجه به معیارهای ورود انتخاب شدند.

رعایت ملاحظات اخلاقی پژوهش توسط کمیته اخلاق دانشگاه شهید بهشتی بررسی شد و پس از تأیید، کد اخلاق پژوهش حاضر با شناسه IR.SBU.REC.1400.088 مصوب شد. ابتدا همه آزمودنی‌ها در جلسه توجیهی شرکت کردند؛ جزئیات روش کار برای آن‌ها شرح داده شد و در صورت تمایل به شرکت داوطلبانه، هریک رضایت‌نامه شرکت در تحقیق را تکمیل کردند. سپس اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریک و ثبت اطلاعات عمومی موردنیاز انجام شد. به‌منظور ارزیابی عملکرد عصبی-عضلانی ورزشکاران از دستگاه الکترومایوگرافی[1] (EMG) مدل ME6000 ساخت شرکت Mega کشور فنلاند و الکترودهای سطحی نقره/کلرید نقره (Skin tact) با قطر دو سانتی‌متر، ساخت استرالیا و فاصله بین الکترودی ۲۰ میلی‌متر استفاده شد. همچنین با استفاده از یک دستگاه صفحه نیروسنج[2] (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)[3] و در ادامه با استفاده از نرم‌افزار موکا[4] استخراج شدند و از نرم‌افزار متلب[5] برای تحلیل داده‌ها استفاده شد. آماده‌کردن پوست برای چسباندن الکترودها شامل زدن موهای زاید و تمیزکردن ناحیه با الکل برای فراهم‌کردن سطحی مناسب، به‌منظور اتصال الکترودها و کاهش مقاومت

1. Electromyography
2. Force Plate
3. Motion Analysis (Cortex Version 2.1)
4. Mokka
5. MATLAB

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

پوست انجام شد. برای تعیین محل الکترودها از لمس لندمارک‌های استخوانی و انقباض ایزومتریک استفاده شد. الکترودها مطابق پروتکل اروپایی SENIAM[1] نصب شد (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 سه عضله ثبت شد. برای محاسبه حداکثر انقباض ایزومتریک عضلات چهارسرران، شرکت‌کننده نشست و زانو را در فلکشن ۹۰ درجه قرار داد. آزمونگر با اعمال حداکثر مقاومت در بالای مچ پای شرکت‌کننده از وی خواست تا حداکثر انقباض ایزومتریک عضلات را انجام دهد. برای محاسبه حداکثر انقباض ایزومتریک عضلات همسترینگ، شرکت‌کننده روی تخت در وضعیت دمر قرار گرفت و زانو در فلکشن ۲۰ تا ۳۰ درجه قرار داشت. سپس آزمونگر با اعمال حداکثر مقاومت در بالای مچ پای شرکت‌کننده از وی خواست تا حداکثر انقباض ایزومتریک عضلات را انجام دهد. آزمون حداکثر انقباض ارادی ایزومتریک عضلات در هر شرکت‌کننده سه بار و هر بار به‌مدت پنج ثانیه با فاصله یک دقیقه استراحت بین هر تکرار انجام شد (۳۱).

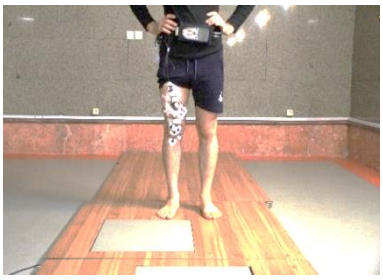
برای تعیین دقیق لحظه تماس پا با زمین حین حرکت فرود تک‌پا، هرگاه نیروی عمودی عکس‌العمل زمین به بیش از ۱۰ نیوتون می‌رسید، آن لحظه به‌عنوان زمان تماس اولیه پا با زمین در نظر گرفته می‌شد. برای محاسبهٔ زمان شروع فعالیت عضلات، ابتدا امواج یک‌سویه شد و سه برابر انحراف استاندارد میزان فعالیت الکتریکی عضلات در خط زمینه، به‌عنوان آستانهٔ آغاز فعالیت شناخته شد. هنگامی که فعالیت عضله به آستانه رسید و حداقل به‌مدت ۲۵ میلی‌ثانیه بالای سطح آستانه باقی ماند، این نقطه زمان آغاز فعالیت در نظر گرفته شد (۳۲). میزان فعالیت فیدفورواردی عضلات در بازهٔ زمانی ۳۰۰ میلی‌ثانیه قبل از برخورد پا با زمین، در نظر گرفته شد. میزان فعالیت فیدبکی عضلات نیز در بازهٔ زمانی ۱۰۰ میلی‌ثانیه پس از برخورد پا با زمین محاسبه شد (۲۳). برای امکان مقایسهٔ بین آزمودنی‌ها و نرمال‌کردن داده‌ها، مقادیر به‌دست‌آمده از محاسبهٔ ریشهٔ میانگین مربعات، به مقادیر به‌دست‌آمده از حداکثر انقباض ارادی[2] هر عضله تقسیم شد و میزان فعالیت عضلات به‌صورت درصدی از حداکثر انقباض ارادی در نظر گرفته شد (۳۳).

نحوه اجرای تکنیک فرود تک‌پا با پای برتر به شرح زیر بود: آزمودنی‌ها حرکت فرود تک‌پا را از روی سکوی ۳۰ سانتی‌متری انجام دادند (۳۴). به آزمودنی‌ها آموزش داده شد که روی مرکز صفحه‌نیرو فرود بیایند و تعادل خود را هنگام فرود به‌مدت پنج ثانیه حفظ کنند. در تمام تلاش‌ها آزمودنی حرکت

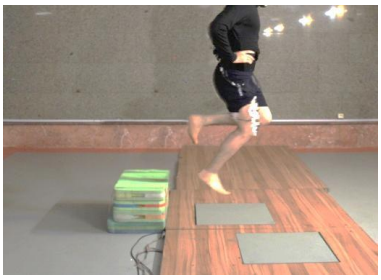
1. Surface Electromyography for Non-invasive Assessment of Muscles
2. Maximum Contraction Isometric Voluntary

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

فرود را با پای برتر انجام داد. پایی که فوتبالیست با آن شوت را انجام می‌داد، به‌عنوان پای غالب در نظر گرفته شد. بعد از انجام سه تلاش تمرینی، به محض اینکه آزمودنی تکلیف را فراگرفت، از وی خواسته شد تا سه فرود اصلی را انجام دهد. فرودی به‌عنوان فرود موفق در نظر گرفته شد که در آن پای غالب به‌طور کامل روی صفحه‌نیرو باشد و فرد با پای دیگرش زمین را لمس نکند؛ در غیر این صورت، تلاش ناموفق تلقی می‌شد و فرد حرکت را تکرار می‌کرد. همه فرودها با پای برهنه انجام گرفت و اطلاعات عملکرد عضلانی برای پای برتر ثبت شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، از میانگین داده‌های به‌دست‌آمده از سه تلاش موفق فرد استفاده شد (۳۴).



شکل ۱- آماده‌سازی ورزشکار تصویر



شکل ۲- حرکت فرود تک‌پا

نتایج

ویژگی‌های توصیفی نمونه‌های تحقیق شامل قد، وزن، سن، شاخص توده بدنی و سابقه فعالیت، به‌تفکیک جنسیت در جدول شماره یک آورده شده است. به‌منظور بررسی توزیع طبیعی داده‌ها از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف استفاده شد که این آزمون نرمال‌بودن این توزیع را تأیید کرد (P≥۰/۰۵).

جدول ۱- ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها (میانگین±انحراف استاندارد)

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

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

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

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

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

در جدول شماره سه، نتایج آزمون تی مستقل درباره زمان شروع فعالیت عضلات در دو گروه زنان و مردان فوتبالیست آمده است.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

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

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

*: **تغییر معنادار در بین زنان و مردان**

علامت منفی نشان‌دهنده آغاز فعالیت عضله قبل از برخورد پا با زمین در تکلیف فرود تک‌پا است. همان‌طورکه در جداول شماره دو و شماره سه درباره نتایج آزمون آماری ملاحظه می‌شود، تفاوت معناداری بین زنان و مردان نخبه فوتبالیست در فعالیت فیدفورواردی عضلات راست رانی (P=۰/۰۰۱)، پهن داخلی (P=۰/۰۱)، پهن خارجی (P=۰/۰۳)، فعالیت فیدبکی عضلات نیم‌وتری (P=۰/۰۰۱) و دوسررانی (P=۰/۰۲) حین اجرای حرکت فرود تک‌پا مشاهده شد. همچنین، فراخوانی عضلات نیم‌وتری زنان در مقایسه با مردان با تأخیر همراه بود (P=۰/۰۰۶) و فعال‌شدن زودهنگام عضلات پهن خارجی زنان در مقایسه با مردان هنگام حرکت فرود تک‌پا مشاهده شد (P=۰/۰۰۱)؛ درحالی‌که بین فعالیت فیدفورواردی عضلات نیم‌وتری، دوسررانی و فعالیت فیدبکی عضلات چهارسرران در بین دو گروه زنان و مردان تفاوت معناداری گزارش نشد (P≥۰/۰۵).

بحث و نتیجه‌گیری

هدف مطالعه حاضر، بررسی تفاوت‌های موجود در فراخوانی و میزان فعالیت الکترومایوگرافی عضلات راست رانی، پهن خارجی، پهن داخلی، نیم‌وتری و دوسررانی حین حرکت فرود تک‌پا در فوتبالیست-

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

های نخبه زن و مرد بود. براساس نتایج پژوهش حاضر، بین فعالیت فیدفورواردی عضلات راست رانی، پهن داخلی، پهن خارجی، فعالیت فیدبکی عضلات نیم‌وتری و دوسررانی، در زنان و مردان فوتبالیست نخبه تفاوت معناداری وجود داشت. فراخوانی عضلات نیم‌وتری زنان در مقایسه با مردان با تأخیر گزارش شد. همچنین فعال‌شدن زودهنگام عضلات پهن خارجی زنان در مقایسه با مردان هنگام حرکت فرود تک‌پا مشاهده شد؛ درحالی‌که بین فعالیت فیدفورواردی عضلات نیم‌وتری، دوسررانی و فعالیت فیدبکی عضلات چهارسرران در بین دو گروه زنان و مردان تفاوت معناداری گزارش نشد. همچنین بین زمان شروع فعالیت عضلات راست رانی، پهن داخلی و دوسررانی در زنان و مردان تفاوت معناداری مشاهده نشد.

مطالعات نشان داده‌اند، ورزشکاران زن و مرد، هر دو درمعرض آسیب رباط متقاطع قدامی هستند. از طرفی مانورهای ورزشی به اعمال بارهای زیادی بر مفصل زانو در هر دو جنس منجر می‌شود، اما مشاهده شده است 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 تاحدودی مسئول نابرابری جنسیتی در بروز آسیب رباط متقاطع قدامی باشد. فعالیت عضلات در کنار نیروهای خارجی حین فعالیت‌های پویا بسیار اهمیت دارد. عضلات می‌توانند براساس نحوه هماهنگ‌شدن، فعالیت و فراخوانی باعث ایجاد فشار یا کاهش فشار بر رباط زانو شوند (۳۵). اگر فشار یا بار برشی که توسط عضلات چهارسرران اعمال می‌شود، بیشتر از فشار اعمال‌شده توسط عضلات همسترینگ باشد، می‌تواند سبب جابه‌جایی درشت‌نی به‌سمت جلو شود و درنهایت، فشار روی رباط متقاطع قدامی افزایش می‌یابد (۳۶)؛ این موضوع بیانگر تسلط عضلات چهارسرران است که تحقیقات نشان داده‌اند، این امر در زنان در مقایسه با مردان بیشتر است.

نتایج تحقیق نشان داد، فعالیت فیدفورواردی عضلات چهارسرران زنان به‌طور معناداری از مردان بیشتر است؛ یعنی زنان دچار غلبه چهارسرران هستند که با نتایج برخی از پژوهش‌های گذشته هم‌راستا بود (۳۷، ۲۶). همچنین رزی و همکاران گزارش کردند، فعالیت عضلات پهن خارجی در زنان در مقایسه با مردان در حرکت قبل از فرود پا بیشتر بوده است (۲۴). از طرفی، برخی از پژوهشگران گزارش کردند، در فعالیت فیدفورواردی و فیدبکی عضلات چهارسرران و همسترینگ در دو گروه زنان و مردان تفاوت وجود ندارد (۲۸، ۲۷، ۲۳). مطالعات گزارش کردند، فعالیت عضلات همسترینگ به‌طور معناداری در مردان بیشتر است؛ یعنی مردان در مقایسه با زنان دارای غلبه همسترینگ هستند (۳۸، ۲۲). همچنین برخی شواهد نشان می‌دهد، زنان در مقایسه با مردان، حین حرکات برش (۳۹) و دویدن (۴۰) فعالیت همسترینگ کمتری دارند. چاپل و همکاران گزارش کردند، فعالیت بیشتر عضلات

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

همسترینگ در زنان در مقایسه با مردان در مرحله قبل از تماس پا با صفحه نیرو نشان داده شده است (۴۱).

چگونگی و زمان فعال‌شدن عضلات چهارسررانی و همسترینگ، بر توانایی زانو در بهینه‌کردن میزان سفتی مفصل، جذب و پراکنده‌کردن نیروهای واردشده به آن تأثیرگذار است و از این طریق از آسیب ACLجلوگیری می‌کند (۴۲). تأخیر در شروع فعالیت عضلات همسترینگ و درنتیجه زود فعال‌شدن عضلات چهارسررانی باعث می‌شود که فلکشن هم‌زمان ران و زانو دچار مشکل شود؛ بدین‌ترتیب، ران خم شده، اما خم‌شدن زانو آهسته‌تر از ران انجام می‌شود و درشت‌نی درمعرض جابه‌جایی قدامی قرار می‌گیرد. این جابه‌جایی تنها به‌وسیله ACL کنترل خواهد شد؛ بنابراین درصورتی‌که به‌طور موقتی زمان‌بندی مناسبی برای فعال‌شدن عضلات وجود نداشته باشد تا در برابر انتقال قدامی درشت‌نی مقاومت کند، ACL درمعرض ورود بارهای بیش‌ازحد قرار می‌گیرد (۲۶) که می‌تواند یکی از مکانیسم-های آسیب ACL در نظر گرفته شود. الگوی فراخوانی و زمان شروع فعالیت عضلات در زنان و مردان، متفاوت گزارش شده است. آندرسون[1] و همکاران گزارش کردند، افراد دارای غلبه عضلات چهارسرران فعال‌شدن زودهنگام عضلات چهارسرران را به‌وضوح نشان می‌دهند و فعال‌شدن زودهنگام این عضلات سبب خم‌شدن اندک زانو و والگوس بیشتر زانو هنگام فرود می‌شود (۴۳). نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش آندرسون و همکاران هم‌راستا بود که در آن زنان علاوه بر اینکه غلبه عضلات چهارسرران را نشان دادند، عضلات پهن خارجی خود را در مقایسه با مردان زودتر فعال کردند (۴۳). ایبن و همکاران برخلاف نتایج پژوهش حاضر گزارش کردند، زمان آغاز فعالیت عضلات پهن خارجی و پهن داخلی در مردان زودتر از زنان بود. تفاوت این نتایج می‌تواند به نحوه اندازه‌گیری زمان شروع فعالیت عضله مربوط باشد؛ به‌طوری‌که ایبن و همکاران زمان آغاز فعالیت عضله را از لحظه‌ای که فعالیت عضله از ۱۵۰ درصد فعالیت زمینه فراتر می‌رفت در نظر گرفتند، اما در مطالعه حاضر نقطه‌ای که فعالیت آن از فعالیت زمینه‌ای به‌اضافه سه برابر انحراف استاندارد فراتر می‌رفت و حداقل به‌مدت ۲۵ میلی‌ثانیه بالای این سطح باقی می‌ماند، نقطه شروع در نظر گرفته شد (۲۲). کولینگ[2] و همکاران برخلاف نتایج پژوهش ایبن و همکاران و نتایج تحقیق حاضر دریافتند که مردان در مقایسه با زنان دارای تأخیر در فعالیت عضلات نیم‌وتری هستند (۲۷).

وجود نتایج متناقض می‌تواند ناشی از نوع رشته ورزشی افراد مطالعه‌شده در پژوهش، سطح آمادگی جسمانی و تعداد آزمودنی باشد. بررسی پژوهش‌های مرتبط گذشته نشان داد، تعداد نمونه‌های

1. Anderson
2. Cowling

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

مطالعه‌شده در دو گروه زن و مرد در نیمی از تحقیقات حدود ۱۰ نفر (۲۸، ۲۷، ۲۵، ۲۳) و در نیمی دیگر حدود ۱۵ نفر بود (۴۴، ۲۴، ۲۲، ۱۴)؛ بنابراین می‌توان بیان کرد، تعداد کم آزمودنی‌ها می‌تواند از دلایلی باشد که تناقض‌ها در نتایج پژوهش‌ها را بیان کند. پژوهش حاضر سعی داشته است با در نظر گرفتن تعداد آزمودنی‌های بیشتر و همچنین با در نظر گرفتن بازیکنان نخبه، فعالیت الکترومایوگرافی عضلات چهارسرران 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 به‌خصوص در زنان در مقایسه با مردان کمک می‌کند (۳۹).

پژوهش حاضر چندین محدودیت احتمالی داشت که امیدواریم در پژوهش‌های آینده برطرف شود. یکی از محدودیت‌های مهم، تأثیر همه‌گیری ویروس کرونا بر شرایط، شدت و میزان تمرین ورزشکاران بود. در این وضعیت، جلسات تمرینی تیم‌های ورزشی کاهش داشت و فعالیت عضلانی ورزشکارانی ارزیابی شد که احتمالاً شدت و میزان تمرین متفاوتی را در برنامه جاری خود داشتند. یکی دیگر از محدودیت‌ها این بود که در مطالعه حاضر، تنها فعالیت عضلات چهارسرران و همسترینگ نمونه‌های تحقیق بررسی شد. با توجه به ارزیابی‌های مقدماتی[1] و دسترسی‌نداشتن به دستگاه الکترومایوگرافی وایرلس (بدون سیم)، ارزیابی فعالیت عضلات نعلی و دوقلو باعث ایجاد اختلال در داده‌های کلی شد؛ به همین دلیل، از پژوهش حذف شد. همچنین در پژوهش حاضر به بررسی و ارزیابی تفاوت‌های بیومکانیکی زنان و مردان فوتبالیست و همچنین اثر ارتفاع متفاوت فرود با توجه به توانایی حرکتی فرد پرداخته نشد (۴۵). با توجه به اینکه مطالعات متفاوتی در این زمینه انجام شده است، به سایر محققان پیشنهاد می‌شود که برای به دست آوردن نتایج دقیق‌تر، هم‌زمان فعالیت الکترومایوگرافی، تفاوت‌های بیومکانیکی در فوتبالیست‌های حرفه‌ای زن و مرد (با در نظر گرفتن تمامی عضلات تأثیرگذار و در تکالیف مختلف) بررسی 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;8(2):229-47. [In 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.

1. Pilot

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

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.
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. [In 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.
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.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

17. Griffin LY, Albohm MJ, Arendt EA, Bahr R, Beynnon 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. [In 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;27(8):168-81.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

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):469-81 . [In 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.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

43. Anderson AF, Dome DC, Gautam S, Awh MH, Rennirt 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, Matinhomaee 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. [In Persian]

ارجاع‌دهی

دادگر سارا، زارعی مصطفی، سیدی محمدرضا. مقایسهٔ فعالیت الکترومایوگرافی عضلات چهارسرران و همسترینگ در بازیکنان نخبهٔ فوتبال زن و مرد حین حرکت فرود تک‌پا. مطالعات طب ورزشی. تابستان ۱۴۰۲؛ ۱۵(۳۶)، ۳۸-۱۷. شناسهٔ دیجیتال: 10.22089/SMJ.2022.12151.1572

Dadgar S, Zarei M, Seyedi M. R. Comparison of Electromyographic Activity of Quadriceps and Hamstrings of Elite Male and Female Soccer Players during Single-Leg Landing Movement. Sport Medicine Studies. Summer 2023; 15 (36): 17-38 (Persian). DOI: 10.22089/SMJ.2022.12151.1572

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License